

Lasse Heinäsuo, Tuomas Lahtela

# Älykkään omakotitalon sähkösuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.5.2016

Tekijät Otsikko	Lasse Heinäsuo, Tuomas Lahtela Älykkään omakotitalon sähkösuunnitelma
Sivumäärä Aika	37 sivua + 3 liitettä 30.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaaja	lehtori Jarno Nurmio
<p>Tämän insinöörityön aiheena oli selvittää huomioonotettavia asioita suunniteltaessa ja rakennutettaessa älykästä omakotitaloa. Työn lähtökohtana luotiin kokonaisvaltaiset KNX-sähkösuunnitelmat oikeaan omakotitalokohteeseen, joka sittemmin toteutettiin suunnitelmien pohjalta. Älykkään omakotitalosta tekee KNX-taloautomaatiojärjestelmä, jolla voidaan ohjata talon eri toimintoja yhdestä ja samasta paikasta.</p> <p>Työn tavoitteena oli luoda monipuoliset ja urakoitsijaa palvelevat omakotitalon sähkösuunnitelmat sekä samalla läpikäydä koko suunnitteluprosessia, sillä kyseessä ei olekaan vain perussähköjärjestelmä. KNX-järjestelmän eri laiteratkaisuja ja mahdollisuuksia käytiin lävitse sekä valittiin kohteeseen käytettävät laitteet. Älykkään omakotitalon rakennuttaminen luo haasteita myös tilaajalle ja tässä työssä onkin pyritty avaamaan myös tilaajan kannalta huomioon otettavia asioita.</p> <p>KNX-taloautomaatiojärjestelmällä varustetun omakotitalon suunnittelu vaatii suunnittelijalta järjestelmäosaamista, eri järjestelmien integraation hallintaa sekä tietotaitoa ohjausten ja tilaajan tahtilojen toteuttamiseksi. Pyrimme suunnittelemaan kohteen kustannustehokkaasti tinkimättä kuitenkaan tilaajan haluamista ominaisuuksista. Taloautomaatiojärjestelmä ei ole edullisimmasta päästä toteuttaa, mutta se maksaa itsensä takaisin mm. käyttömukavuuden, muuntojoustavuuden ja energiansäästön kautta.</p>	
Avainsanat	KNX, taloautomaatio, sähkösuunnitelma, Homeserver

Author Title	Lasse Heinäsuo, Tuomas Lahtela Electrical plans for intelligent detached house
Number of Pages Date	37 pages + 3 appendices 30.5.2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructor	Jarno Nurmio, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to make electrical plans for detached house fully controlled with KNX system and to get familiar with the designing process of KNX-system and the rules and regulations concerning designing it. The object was to make the plans so that the com-missioning would be easy and cost efficient to execute.</p> <p>The things that have to be taken in consideration in the process of making the planning contract with an electrical designer were researched. The regulations were studied to find out what kind of document should be made and what should they contain. There are laws and regulations that must be followed by the electrical designer and contractor, but planning KNX systems is not directly regulated by any determinative regulations and there are some non-urging instructions for planning KNX system that should be followed. The KNX devices were explored to make a user friendly system with full control of the house. The electrical plans for the detached house were made and the customer got the cost efficient systems that they wanted.</p> <p>KNX-system is easy to use and it's possible to control the whole house from the single point. This thesis gives some good advices to constructor what is the cost of the KNX-system and what things is have to be taken into account during the planning proses.</p>	
Keywords	KNX, homeautomation, remote operation

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tavoitteet ja työnjako	1
3	Kohteen lähtötiedot	3
4	Sähkösuunnittelulaajuuden määrittelemine	3
5	Suunnittelusopimus	4
6	Standardien ja määräyksien vaikutus	5
7	Suositukset suunnittelussa ja hyvät asennustavat	7
8	Kaupalliset asiakirjat	8
9	KNX-järjestelmä	10
10	KNX-järjestelmän suunnittelun ja toteutuksen kulku	13
11	KNX-sähkösuunnitelma	15
11.1	KNX-ohjaussuunnittelu	17
11.2	Järjestelmäkomponenttivalinnat	17
11.2.1	Virtalähde ja rajapinta	18
11.2.2	Kytkeyksiköt ja himmentimet	19
11.2.3	Ilmastoinnin, puhallinkonvektorin ja lämmityksen säätö	20
11.2.4	Valoisuus- ja ulkolämpötila-anturi	21
11.2.5	Verho-ohjaus	21
11.2.6	KNX-painikkeet ja tutkat	22
11.2.7	Input-tiedot muista järjestelmistä	22
11.2.8	Saunan kiukaan ohjaus	23
11.3	Valaistussuunnittelu	23
11.4	Kustannustehokkuus	24
11.5	Ohjelmointi- ja käytönaikaiset kustannukset	26
12	Visualisointi ja etäkäyttöliittymät	27

12.1	Visualisointivaihtoehdot	27
12.2	Gira Homeserver	29
13	Tietoturvallisuus	32
13.1	Väyläjärjestelmä	32
13.2	Tulevaisuus	33
14	Pohdinta	35
15	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

#### Liitteet

Liite 1. Pientalohankkeen sähkösuunnittelusopimus

Liite 2. KNX-toimintokortit

Liite 3. Sähkösuunnitelma

## Lyhenteet aakkosjärjestys

Dali	Digital Adressable Lightind Interface, digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
EIB	European Installation Bus, hajautettu väyläjärjestelmä
ETS	Engineering Tool Software, KNX-järjestelmän käyttöönotto- ja suunnitteluhjelma
iETS	Palvelin, joka käyttää EIBlib/IP-protokollaa. iETS on KNX:n ja IP:n välinen rajapinta. Palvelin sallii käyttäjille yhteyden KNX-verkkoon Internetin kautta.
IP	Internet Protocol, tietoverkkoprotokolla
KNX	Konnex, Saksassa kehitetty teknologia, joka perustuu Batibus-, EHS- ja EIB-standardeihin. KNX on avoin, maailmanlaajuisesti käytössä oleva standardi kotien ja kiinteistöjen ohjaukseen.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol. Kahden tietoverkkoprotokollan yhdistelmä
TATE 12	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo, dokumentti on tarkoitettu talotekniikan eri suunnittelukokonaisuuksien sisällön ja laajuuden määrittelymiseen, julkaistu joulukuussa 2013
UGR	Häikäisyindeksi, sisätilojen valaistusasennuksissa valaisimen aiheuttama häikäisy, joka aiheuttaa epämukavan tunteen.
VPN	Virtual Private Network, suojattu yhteys kahden suljetun verkon välillä julkisen verkon yli

## 1 Johdanto

Tämä insinöörityö käsittelee Espooseen rakennetun omakotitalon kokonaisvaltaisen sähkösuunnitelman luomista. Työssä pyritään muodostamaan lukijalle käsitys omakotitalon sähköjärjestelmien standardien vaatimuksista, suunnittelulaajuuden määrittelystä ja dokumenttien merkityksestä. Kohteen ohjaukseen käytettiin KNX-taloautomaatiojärjestelmää. Järjestelmän luomia toiminnallisuuksia ja mahdollisuuksia käydään työssä laajalti lävitse.

Insinöörityön aihe valikoitui lehtori Jarno Nurmion hakemuksen kautta. Hän haki opinäytetyön tekijöitä toteutettavaan omakotitaloprojektiin, jossa ohjaus toteutetaan KNX-taloautomaatiojärjestelmää käyttäen. Meillä oli jo entuudestaan laaja tuntemus KNX-järjestelmien käyttöönotoista ja siksi valikoiduimme tämän opinäytetyön tekijöiksi. Aikaisemmat kohteet, joissa olemme KNX-järjestelmään perehtyneet, ovat toimistorakennuksia sekä ravintola.

Suunnittelun tavoitteena oli saada aikaan älykäs, helppokäyttöinen ja muokattavissa oleva ohjausjärjestelmä. Suunnitelma piti sisällään pienjännitesähköistyksen, antenni- ja ATK-järjestelmän, KNX-, videovalvonta-, palo- sekä murtohälytysjärjestelmät. Suunnitelmat tehtiin kokonaisedullista toteutusta silmällä pitäen, jolloin suunnitelmien tarkkuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota.

Insinöörityössä käytiin läpi määräyksien ja standardien ohjaavaa vaikutusta suunnitteluun, sekä suosituksia ja hyviä asennustapoja. KNX-järjestelmän kannalta huolellinen ohjaussuunnittelu ja laitteiden oikea valinta edesauttavat projektin läpivientiä ja käyttöönottoa.

## 2 Tavoitteet ja työnjako

Insinöörityön tavoitteena oli muodostaa selkeä käsitys pientalon suunnittelukokonaisuudesta ja parantaa tietämystämme eri järjestelmistä sekä niiden yhteensovittamisesta. Perehdyimme opinäytetyön aikana standardeihin ja ohjekortteihin ja niiden vaikutukseen suunnitelmien laadinnassa. Suunnittelu toteutettiin CADS Planner -ohjelmalla ja tavoitteenamme oli oppia myös ohjelman monipuolisempi hallinta. Suunnittelun aikana

syvensimme tietotaitoamme KNX-järjestelmän antamista mahdollisuuksista muun muassa lämmitysohjauksen, valaistusohjauksen ja ilmastoinnin säädön kannalta. Perehdyimme myös visualisointi ja etäkäyttöjärjestelmiin, joilla KNX-järjestelmästä saadaan vielä enemmän irti.

Tavoitteena oli myös tuoda esiin asioita, joita rakennuttajan on otettava huomioon KNX-järjestelmän hankinnassa. Kustannustehokkuuteen pyrittiin kiinnittämään erityistä huomiota, jotta järjestelmästä saataisiin kustannuksiin nähden järkevä hyöty.

Insinööritö toteutettiin parityönä ja tehtäväkokonaisuudet pyrittiin jakamaan tasaisesti molemmille tekijöille. Aihealueet jaettiin taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Aihealueiden jako insinööritöissä

Aihealueet	Yhdessä	Lasse	Tuomas
Johdanto, tavoitteet ja lähtötiedot	X		
Sähkösuunnittelulaajuuden määrittäminen ja suunnittelusopimus			X
Standardien ja määräysten vaikutus		X	
Kaupalliset asiakirjat sekä suositukset suunnittelussa ja hyvät asennustavat		X	
KNX-järjestelmä, KNX-järjestelmän suunnittelun ja toteutuksen kulku			X
KNX-sähkösuunnitelma		X	
Visualisointi ja etäkäyttöliittymät sekä tietoturvallisuus			X
Pohdinta ja yhteenveto	X		



### 3 Kohteen lähtötiedot

Suunnittelemamme kohde oli Espooseen rakennettava uusi kaksikerroksinen n. 200 m<sup>2</sup> suuri omakotitalo. Tilaaja halusi kotiautomaatiojärjestelmän monipuolisella visuaalisella käyttöjärjestelmällä, jossa on etäkäyttöominaisuus. Järjestelmän toteutuskustannukset pyrittiin pitämään kohtuullisina samalla maksimoiden energiansäästö ja järjestelmän käytettävyys.

Tilaajan toiveena oli saada mahdollisimman näkymätön sähköjärjestelmä. Kaikki ohjauslaitteet toivottiin keskitetyksi ryhmäkeskuksen sisään, jolloin huolto onnistuu helposti. Tilaajalla oli jo heti alussa selkeä kuva KNX-järjestelmästä ja siihen sisällytettävistä ominaisuuksista. Valaistuksen osalta toiveena oli hämärä, tunnelmallinen valaistus epäsuoraa valoa käyttäen.

Ohjausjärjestelmän vaatimuksena oli mobiili- ja PC-ohjaus langattomasti. Paikallisohjauksia haluttiin mahdollisimman vähän. Ohjauksen toivottiin kattavan kaikki kohteen eri järjestelmät.

### 4 Sähkösuunnittelulaajuuden määritteleminen

Sähkösuunnitelman laajuuden määritteleminen on tärkeää ennen suunnittelusopimuksen tekoa. Suunnittelijan tulisi olla tietoinen siitä, millaista kokonaisuutta tilaaja haluaa ja tuleeko taloon taloautomaatiojärjestelmä vai perinteinen sähköjärjestelmä. Näin ollen ns. suunnittelusuunta osataan valita jo heti oikeaksi, sillä normaalin- ja KNX-sähkösuunnitelman välillä on suuria eroja. Sähkösuunnittelulaajuuden määrittely voidaan aloittaa esimerkiksi taloteknisen tehtäväluettelon TATE12 liitteessä 1 olevan taulukon läpikäynnillä. Kyseessä olevalla taulukolla voidaan määrittää kohteen järjestelmälaajuus. Sähkösuunnitelman laajuus vaihtelee rakennushankkeen eri vaiheissa. [3]

Sähkösuunnitelma sisältää yleensä kaavioita, piirustuksia ja selostuksia. Esimerkkeinä eri kaavioista voidaan mainita sähkökeskuksen pääkaavio ja piirikaavio, sekä maadoituskäyttökaavio, KNX-järjestelmäkaavio ja antennikaavio. Erilaisia sähköpiirustuksia ovat taas asennuspiirustus ja asemapiirustus. Sähkösuunnitteluun liittyviä selostuksia ovat sähkötyöselostus ja järjestelmäselostus tai ohjausselostus. Yleensä omakotitalon sähkösuunnitelma sisältää myös huonekortteja.

Omakotitalon sähkösuunnittelulaajuus ei ole kovin suuri verratessa esimerkiksi toimistorakennuksen sähkösuunnittelulaajuuteen. Omakotitalon perinteinen sähkösuunnitelma pitää sisällään asemapiirustuksen, eri järjestelmien asennuspiirustukset (sähkö, antenni, ATK, palo), ryhmäkeskuksen ja pääkeskuksen pääkaaviot ja piirikaaviot sekä maadoituskäytön ja antennikäytön. Tällaisella suunnittelulaajuudella sähkösuunnitelmat voi saada jopa alle tuhannella eurolla. Jos kohteeseen suunnitellaan älykästä KNX-järjestelmällä toteutettua taloautomaatiojärjestelmää, tulevat mukaan myös huonekohtaiset toimintokortit, järjestelmäselostus, ohjaukselostus ja KNX-järjestelmän asennuspiirustus. Lisäksi ryhmäkeskuksen pääkaavio ja piirikaavio tulevat sisältämään enemmän komponentteja kuin perussähköjärjestelmän keskukset. Useampien dokumenttien tekeminen, komponenttivalinnat sekä ohjauksen suunnittelu asiakkaan toiveiden mukaan, vievät huomattavasti enemmän aikaa. KNX-sähkösuunnitelma voi maksaa n. 2 000–5 000 euroa. Tilaajan on muistettava valita sähkösuunnittelusopimuksessa riittävät suunnitelmat KNX-järjestelmää varten, jotta säästytään ylimääräisiltä kustannuksilta.

## 5 Suunnittelusopimus

Pientalon rakentamista suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon monia seikkoja. Yksi niistä on sähkösuunnitelman teko ja sitä ennen suunnittelusopimuksen laadinta sähkösuunnittelijan kanssa. Suunnittelusopimuksessa sähkösuunnittelija ja hankkeeseen ryhtyvä kuluttaja sopivat sähkösuunnittelijan tehtävistä ja velvollisuuksista. Rakennustiedon RT-kortistosta löytyy valmis kaavakepohja RT 80299 tähän tarkoitukseen ja se on kuluttaja- asiamiehen tarkastama asiakirja. Kaavakepohjan hinta on normaalille kuluttajalle 6,30 € sisältäen ALV:n. [1] Liitteessä 1 on luonnosmalli sähkösuunnittelusopimusasiakirjasta.

Pientalon sähkösuunnittelusopimukseen liitetään yleensä myös Pientalohankkeen sähkösuunnittelun tehtäväluettelo RT 80305, jolla voidaan rajata ja sopia sähkösuunnittelijan tehtävälaajuuksista ja suunnittelukokonaisuuksista. Tehtäväluettelon hinta on Rakennustiedon RT-kortistossa 4,20 € sisältäen ALV:n. Tehtäväluettelo toimii myös hyvänä muistilistana suunnittelijalle hankkeen eri vaiheissa. [2] Jos kyseessä on suurempi hanke, voidaan käyttää suunnittelusopimuksen liitteenä myös Taloteknisen suunnittelun tehtäväluetteloa (TATE12) [3].

Suunnittelusopimuksessa on hyvä ottaa kantaa suunnittelutehtävien lisäksi myös suunnittelijan velvollisuuksiin osallistua työmaakokouksiin ja muihin tarpeellisiin palavereihin. Jos rakennusaikana havaitaan tarvetta muutoksille, jotka vaativat suunnittelua, on niiden toteuttamisesta hyvä sopia jo etukäteen.

Sähkösuunnittelijan toimenkuva saattaa vaihdella laajaltikin projektista riippuen. Suunnittelun lisäksi sähkösuunnittelija voi toimia myös konsultin tai valvojan virassa, jos näin sovitaan. Sähkösuunnittelijan tehtäviin voi kuulua lisäksi KNX-järjestelmän ohjelmointi.

Yleensä sähkösuunnittelu toteutetaan omakotitaloprojekteissa joko kiinteällä palkkiolla tai kattohintaisena tuntisopimuksena. Kiinteän suunnittelupalkkion saaminen järkevän suuruiseksi vaatii tilaajalta todella tarkkaa määrittelyä halutuista suunnitelmista, laatutavasta ja järjestelmän toiminnasta sekä mahdollisesta visualisoinnista. Kattohintaisessa tuntisopimuksessa loppuhinta voi jäädä pienemmäksi järjestelmälaajuuden supistuessa alkuperäisestä.

## **6 Standardien ja määräyksien vaikutus**

Lait tai määräävät asetukset eivät suoranaisesti ohjaa taloautomaatiojärjestelmän suunnittelua tai toteutusta yleisiä turvallisuus-, selkeys- ja dokumentointivaatimuksia lukuun ottamatta. Sähkösuunnittelussa ja urakoinnissa on noudatettava sähköturvallisuuslakia 410/1996, kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä sähkölaitteistojen turvallisuudesta (17.12.1999/1193) ja SFS 6000 -standardia, jotka määräävät minimitason asennuksille, mitoituksille ja dokumenteille.

Sähköturvallisuuslaki 410/1996 antaa muille määräyksille lainvoiman ja määrää sähköturvallisuuden tason. Lain mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava niin, ettei niistä aiheudu vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Järjestelmä ei saa aiheuttaa kohtuutonta sähköistä tai sähkömagneettista häiriötä eikä järjestelmä saa häiriintyä niistä. [4]

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta antaa standardeille lain voiman kolmannessa momentissaan. Päätöksen liitteessä on esitetty luet-

telo olennaisista turvallisuusvaatimuksista. Suunnittelussa ja urakoinnissa on noudatettava liitteen ohjeita. Tarkemmat ohjeet näiden vaatimusten täyttämiseen ovat SFS 6000-standardissa. [5]

SFS 6000 -standardissa annetaan tarkkoja määräviä ohjeita suunnitteluun kaapeleiden ja suojalaitteiden mitoituksista, sekä järjestelmän rakenteesta ja laitteista. Standardista voidaan poiketa, jos siihen on hyvä syy ja poikkeaminen ei vaaranna järjestelmän turvallisuutta. Poikkeamasta on tehtävä erillinen selvitys varmennustarkastukseen. [6]

Standardit ja määräykset eivät vaadi KNX-järjestelmän toteutuksen kannalta riittäviä suunnitteludokumentteja sähkösuunnittelijalta. Asiakkaan tulee ymmärtää valita sähkösuunnittelulaajuuden määrittelyssä tarvittavat dokumentit KNX-järjestelmän toteutusta varten. Tarvittavat dokumentit ovat KNX-toimintokortit, järjestelmäselostus, laiteluettelo ja ohjelmointiohje, jotka toteutetaan ST-korttien 701.31 Sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen [7] ja 701.32 Selostusesimerkit S2010 -nimikkeistön mukaan, T860, sähköautomaatiototeutus KNX-väyläjärjestelmää käyttäen [8] sekä ST-käsikirja 23 KNX-järjestelmän perusteet [9] mukaisesti.

Telejärjestelmien osalta tulee noudattaa Viestintäviraston määräystä 65 A/2014 M kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Luku 11 määrää, minkälaiset dokumentit sisäverkosta tulee laatia. Uudessa omakotitalossa tarvittavat dokumentit ovat yleiskaapelointikaavio, asennuspiirustus ja asemapiirustus, joista tulee selvittää seuraavien luetteloiden asiat.

Järjestelmäkaavio:

- Yleiskaapelointiverkkojen tyypit ja rakenteet
- Kaapeleiden tyypit ja arvioidut pituudet
- Suunnitellut liittimet tai kalusteet
- Maadoitus
- Jakamon tyyppi
- Pisteiden merkintä
- Antennien, antennivahvistimen ja antennijaottimen tyypit

Asennuspiirustus ja asemapiirustus:

- Ehdotus antennimaston paikasta
- Jakamon paikka
- Liittymäkaapeleiden putkitusvaraus
- Telejakamon sähkösyöttö
- Kaapelitiet.

Yleiskaapeloinnin vaatimuksena datapistemäärälle on uudisrakennuksissa vähintään yksi kaksiosainen kategorian 6 parikaapeleilla talojakamosta kaapeloitu datapiste jokaiseen asuinhuoneeseen eli makuuhuoneet, keittiö, olohuone ja työhuone ja muut vastaavat tilat. Yleiskaapelointi Antenniverkon minimivaatimuksena on yksi antennirasia asuinhuonetta kohden kaapeloituna koaksiaalikaapelilla kotijakamoon. [10]

Palovaroittimien osalta minimivaatimukset asettaa sisäasiainministeriön asetus 239/2009 palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta sekä ympäristöministeriön asetus 3/11 rakennusten paloturvallisuudesta. Yksi varoitin on oltava jokaisessa kerroksessa sekä jokaista alkavaa 60 neliötä kohden. [11] Asuinrakennuksen palovaroittimet on kytkettävä verkkovirtaan, mikäli rakennus kytketään sähköverkkoon. Lisäksi laitteen virransyöttö on varmistettava esimerkiksi paristolla tai akulla. [12]

## **7 Suositukset suunnittelussa ja hyvät asennustavat**

Ohjeet kiinteistön sähköverkkoon liittämiseksi saadaan verkonhaltijalta, joka tässä tapauksessa oli Caruna. Verkonhaltijan ohjeistus asettaa vaatimuksia, jotka verkkoon liittäjän tulee täyttää. Verkkoyhtiölle (Caruna) tulee toimittaa asemapiirustus ja yleistietolomake, kun liittymää tilataan. [13]

Moderni ohjausjärjestelmä asettaa erityisiä vaatimuksia suunnitelmille. Perinteisessä kytkimillä, himmentimillä ja laitekohtaisilla erillissäätimillä ohjatussa talossa asennuspiirustuksesta ja pääkaaviosta selviää, mihin kytkin vaikuttaa ja mitä laitetta ohjaimella ohjataan. KNX-järjestelmän ohjausten kuvaaminen asennuspiirustuksessa ei ole yleensä mahdollista, johtuen yhden KNX-painikkeen toimintojen määrästä. Älykkään omakotitalon asennuspiirustus on usein hieman yksinkertaisempi kuin perinteisellä ohjauksella varustetussa talossa. Ohjauksen esittämiseen käytetään huonekohtaista toimintokorttia, jossa on esitetty kaikki tilan painikkeet ja ohjattavat pisteet. Kun ohjaukset toteutetaan ON/OFF-ohjauksina ja keskukseen sijoitettavilla himmentimillä, on asennuspiirustuksessa kaikkien kytkentöjen suunnitteleminen ja suunnitelmien mukaan tekeminen ensiarvoisen tärkeää. Näin KNX-ohjelmointi voidaan tehdä ohjelmoinnin suunnitelmien pohjalta luottaen siihen, että asennukset on tehty suunnitelmien mukaan.

ST13.28:ssa Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista on suositukset sähkö-, tele- ja palojärjestelmien osalta. Tässä kortissa määritellään mitä dokumentteja tulee olla ja mitkä tiedot niistä pitää löytyä. [14] KNX-järjestelmään liittyviä dokumentteja ei oteta huomioon tässä yleisessä dokumentointiohjeessa, mutta muihin järjestelmiin tarkoitettua ohjetta voi osin soveltaa myös KNX-järjestelmään. ST 701.31 on KNX-automaatiojärjestelmän ohjekortti, ja sen liitteissä on esimerkit järjestelmän tarvitsemista dokumenteista. Normaali omakotitalon sähkösuunnitelmat eivät usein sisällä sähköselostusta eivätkä muita KNX-järjestelmän vaatimia dokumentteja. [7] ST-käsikirja 23 KNX-järjestelmän perusteet sisältää perustiedot KNX-järjestelmän suunnittelusta ja toteutuksesta. [9]

Laadukkaan asennusjäljen ja toimivan kokonaisuuden aikaan saamiseksi asennusten toteutukseen on syytä viitata sähköselostuksessa. Laatutasoksi voidaan määrittää, että asennukset tulee tehdä ST-käsikirjan 34 Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä mukaan. [15] KNX-järjestelmän osalta asennustavat ja järjestelmän käyttöönottoon liittyvät ohjeet on esitetty ST-käsikirjassa 23 KNX-järjestelmän perusteet. [9]

## 8 Kaupalliset asiakirjat

KNX-järjestelmä asettaa sähköselostukselle erityisvaatimuksia. ST-kortissa 701.32 on S2010:n mukainen sähköselostusesimerkki. [8] Asiakkaan kannalta tärkeimpiä asioita ovat ETS-tietokannasta ja erillislaitteiden tietokannoista luovutettavat varmuuskopiot,

ohjeet järjestelmän käytöstä, huollosta ja palauttamisesta. Selostuksessa tulee ottaa kantaa myös laadun varmistukseen, sekä toimintakokeen suorittamiseen valmiille järjestelmälle.

Laajassa KNX-järjestelmässä voi olla paljon urakoitsijoiden välisiä rajapintoja, joten edes suppea urakkarajaliite ja vastuunjakotaulukko olisi syytä tehdä. Siinä voi olla määritelty esimerkiksi ilmastointikoneen, lattialämmityssäätimien ja maalämpöpumpun konekohtaisten ohjainlaitteiden urakka- ja toimitusrajat. Asiakkaan ja urakoitsijan kannalta selkein vaihtoehto on, että kunkin laitteen toimittaja toimittaa KNX-väylään sopivan muuntimen tai ohjainlaitteet. Tämä asia tulisi sopia riittävän varhaisessa vaiheessa suunnittelua, jotta kaikki suunnittelijat tietävät missä urakkarajat menevät. Selkeä urakkarajaliite helpottaa urakoitsijoiden tarjousten tekoa. Urakkarajaliite tulisi liittää kaikkien urakoiden tarjouspyyntöjen materiaaleihin, jotta kaikki komponentit ja asennukset kuuluvat johonkin urakkaan. KNX-integraation on kuuluttava yhdelle urakoitsijalle, joka on yleensä sähköurakoitsija tai erillinen KNX-ohjelmoija. Urakkarajaliitteessä tulee selkeästi merkitä mihin urakkaan ohjelmointi kuuluu.

Tilaajan kannattaa panostaa tarjouspyynnön tekemiseen urakoitsijoille ja hyödyntää vaikka vastaavaa mestaria avuksi. Tarjouspyynnössä tulee olla

- tilaaja
- kohteen osoite
- rakennuskohde
- urakan sisältö
- aikataulu
- tarjouksen palkkiomuoto
- käytettävä tarjouspohjaa tai erittely
- tarjouksen jättöajankohta ja tapa
- vaaditut tarjouksen liitteet.

Tarjousten vertailun helpottamiseksi on hyvä vaatia, että tarjous tehdään tietylle tarjouspohjalle ja erittelypohjalle tai urakoitsijan itse tekemille pohjille. Hyvä pohja tarjoukselle on esimerkiksi ST-kortissa 43.25 Lomake Tarjous RYS-9 1998-T. [16]

## 9 KNX-järjestelmä

KNX-järjestelmä on maailmanlaajuinen, avoimeen standardiin perustuva kiinteistöjen ohjausjärjestelmä. Se pohjautuu Saksalaiseen EIB-teknologiaan, joka on kehitetty jo 1980-luvulla saksalaisten sähköasennustarvikevalmistajien toimesta. Konnex Association julkaisi EIB-teknologiaan perustuvan KNX-standardin vuonna 2001, joka pohjautuu latinan kielen sanaan ”connexio”, asioiden yhdistäminen. Avoin standardi tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki yli 400 eri toimittajan laitteet, jotka on merkitty kuvassa 1 näkyvällä KNX-logolla, voidaan suoraan liittää tähän järjestelmään ilman rajapintoja. [9, s. 12] Tämä mahdollistaa tarjouskilpailutuksen eri toimijoiden laitteiden välillä.

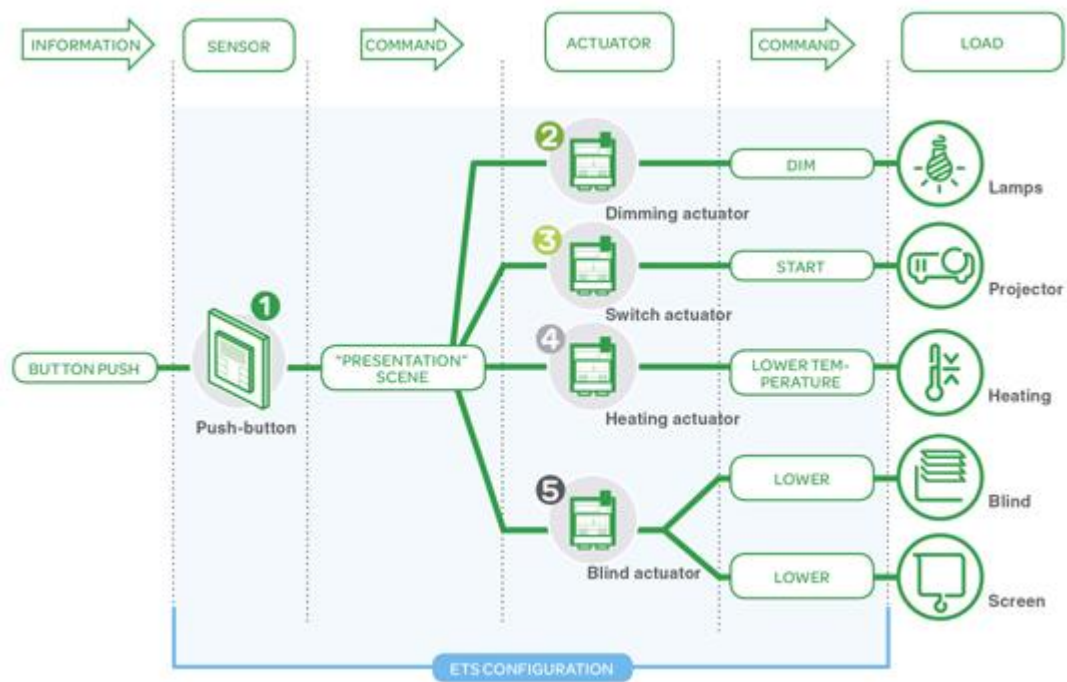


Kuva 1. KNX-logo [17]

KNX-järjestelmä perustuu anturien ja toimilaitteiden väliseen kommunikaatioon. Se on mahdollista toteuttaa neljällä eri tavalla: sähköverkon, väyläkaapelin, radiotaajuuksien tai infrapunälähettimien kautta. Suomessa siirtoteinä käytetään eniten väyläkaapelointia ja radiotaajuutta. Väyläkaapelointi toteutetaan yleensä KLMA 4x0,8+0,8 -kaapelilla ja rajoituksena on, ettei väyläkaapelointi saa olla rengasmainen. Rengasmaisessa väylässä ohjausviestit jäävät ”kiertämään” ja aiheuttavat virhetoimintoja. KLMA-kaapeli ei ole KNX-standardin mukainen kaapeli. YCYM 2x2x0,8 on KNX Associationin sertifioima väyläkaapeli normaaleihin kuivien tilojen asennuksiin.

KNX-järjestelmällä kuormia ohjataan epäsuorasti, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Tällöin puhutaan hajautetusta väyläjärjestelmästä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki KNX-anturit ja -toimilaitteet on yhdistetty toisiinsa jollain siirtotiellä. Anturi antaa ohjauskäskyn ja tämän seurauksena toimilaite, joka on yleensä sähkökeskuksessa, ohjaa kuorman päälle. Yksi väyläsegmentti saa olla maksimissaan 1 000 m pitkä. Kahden laitteen välinen etäisyys puolestaan saa olla maksimissaan 700 m ja laitteen etäisyys virtalähteeseen korkeintaan 350 m. Omakotitaloissa ei tule ongelmia näiden välimatkojen kanssa, mutta suuremmissa kiinteistöissä ja toimitiloissa joutuu suunnittelijakin olemaan tarkkana, että pysytään sallituissa rajoissa. [9]





Kuva 2. KNX-ohjauskäskyn kulku [18]

KNX-järjestelmällä voidaan toteuttaa hyvinkin suuri projekti. Laitteita järjestelmään voidaan liittää jopa 57 375 kpl, jos käytetään linjatoistimia. Yhteen KNX-linjaan voidaan liittää 64 laitetta ja näitä linjoja voidaan yhdistää linjayhdistimillä alueiksi. Järjestelmä voi sisältää jopa 15 aluetta ja 15 linjaa.

KNX-järjestelmä sisältää siis antureita ja toimilaitteita. Anturit antavat ohjauskäskyjä väylään ja toimilaitteet hoitavat kuormien kytkemisen ja ohjauksen. Anturit sijaitsevat yleensä näkyvillä huoneissa (esim. läsnäolotunnistin, termostaatti). Toimilaitteet puolestaan ovat piilossa joko sähkökeskuksessa tai ohjauskotelossa (esim. verhomoottoriohjain, releyksikkö). [9, s. 81–83.]

### Anturit

KNX-järjestelmään liitettäviä antureita ovat mm. läsnäolotunnistimet, painikkeet, termostaatit, valoisuusanturit ja sääasemat. Läsnäolotunnistimia voidaan asentaa pientalokohdeissa esim. makuu- ja työhuoneisiin sekä WC-tiloihin. Näin ollen niillä voidaan toteuttaa esimerkiksi valojen syttyminen huoneeseen saavuttaessa. Painikkeita löytyy useilta eri valmistajilta ja ne voidaankin valita yleensä käytettävän kalustesarjan mukaan. Painik-

keisiin voidaan ohjelmoida haluttuja toimintoja ja niitä kannattaa sijoittaa ovien läheisyyteen, vaikka kohteessa käytettäisiinkin jotain muuta pääohjaustapaa (esim. Ipad). Termostaatteja tarvitaan lämmityksen ohjaukseen, ja nykyään on myös yhdistettyjä painike-termostaatteja. Tällöin yksi fyysinen laite toimittaa sekä termostaatin että painikkeen virkaa. Lisäksi KNX-järjestelmään löytyy erilaisia sääasemia ja valoisuusantureita, joilla voidaan mitata säätilaa ulkona ja näyttää tulokset esim. kosketusnäyttöpaneelilla. Edistyneimmät sääasemat voivat mitata lämpötilaa, valoisuutta, tuulta ja sadetta/kosteutta. [9, s. 92–95.]

### Toimilaitteet

KNX-järjestelmän toimilaitteet ohjaavat pääasiassa erilaisia kuormia. Toimilaitteita ovat mm. kytkinyksiköt, valonsäätimet, verhomoottoriohjaimet, puhallinkonvektoriohjaimet ja lämmitysohjaimet. Kytkeyksiköt ohjaavat kuormia päälle ja pois. Niitä on saatavilla sekä perusmalleja että virranmittauksella varustettuja malleja. Valonsäätimet leikkaavat vaihetta normaalin valonsäätimen tavoin nousevasta tai laskevasta reunasta. Näillä voidaan tehdä himmennyksiä valaistusohjauksiin esim. omakotitaloissa. Lisäksi valaistusta voidaan säätää 1–10 V -säätimillä tai DALI-säätimillä. Tällöin liitäntälaitteet on oltava tietynlaisia säätimestä riippuen. Verhomoottoriohjaimilla voidaan toteuttaa verho-ohjaukset KNX-järjestelmän kautta.

### Muut laitteet

Muita järjestelmään tarvittavia laitteita ovat muun muassa teholähteet ja ohjelmointirajapinnat. Teholähteitä löytyy nykyään myös virranmittauksilla ja akkuvarmennuksilla eli niin sanottuina UPS-virtalähteinä. Ohjelmointirajapintoja ovat muun muassa USB- sekä IP-rajapinnat, joiden kautta järjestelmän ohjelmointi on mahdollista suorittaa. Lisäksi on olemassa mm. energiamittareita, joilla voidaan mitata koko talon tai jonkun tietyn osan sähköenergian kulutusta. Näiden mittaustulosten pohjalta voidaan esimerkiksi KNX-järjestelmän paneelille piirtää trendikäyrrää, jolla voidaan seurata energian kulutusta. KNX-järjestelmään on saatavilla myös kosketusnäyttöjä, joihin voidaan luoda visualisointeja. [9]

## 10 KNX-järjestelmän suunnittelun ja toteutuksen kulku

Suunnittelun ja toteutuksen kulkua voidaan hahmotella taloteknisen tehtäväluettelon TATE 12 avulla. Se jakaa rakennushankkeen yhteentoista erilliseen tehtäväkokonaisuuteen seuraavan luettelon mukaisesti:

- Tarveselvitys
- Hankesuunnittelu
- Suunnittelun valmistelu
- Ehdotussuunnittelu
- Yleissuunnittelu
- Rakennuslupatehtävät
- Toteutussuunnittelu
- Rakentamisen valmistelu
- Rakentaminen
- Käyttöönotto
- Takuuaika.

Näistä tehtäväkokonaisuuksista tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa sähkösuunnittelijan rooli on lähinnä konsultoida tilaajaa. Hankesuunnitteluvaiheessa on myös päätettävä KNX-järjestelmän käytöstä rakennuskohteessa, koska se vaikuttaa myös muihin suunnittelualoihin. Järjestelmä on suuri investointi, mutta samalla se säästää energiankulutuksessa ja parantaa käyttömukavuutta. Hankesuunnitteluvaiheessa voidaan aloittaa myös toimintojen suunnittelu. Suunnittelun valmisteluvaiheessa puolestaan tehdään sähkösuunnittelusopimus ja käynnistetään varsinainen suunnittelu. [7, s. 2.]

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tilaajalle esitetään vaihtoehtoisia toteutusmalleja tila- ja toimintotyypeittäin. Näissä esityksissä on hyvä ottaa huomioon tilaajan kannalta tärkeitä ominaisuuksia kuten toiminnallisuus, käytettävyys ja käyttömukavuus. KNX-järjestelmän laajuutta voidaan lähteä selvittämään esim. toimintokorttien avulla. KNX-toimintokortti tehdään jokaisesta tilasta ja siihen merkitään ko. tilaan haluttavat toiminnot ja laitteet, kuten liitteessä 2 on kuvattu. Toimintokortteihin voidaan merkitä myös mahdolliset tule-

vaisuuden varaukset, jolloin sähkösuunnitelmiin lisätään valmiiksi asennusvalmius. Järjestelmien välisistä rajapinnoista on syytä tehdä oma järjestelmäkohtainen toimintokortti. [9, s. 80.] Suuremmissa monia linjoja sisältävissä kohteissa voidaan järjestelmän laajuutta kuvata KNX-järjestelmäkaaviolla. Omakotitalokohteissa ei yleensä järjestelmäkaaviota tarvita, koska järjestelmän laajuus on niin pieni. Kaikki toimilaitteet voidaan esittää keskuksen pääkaaviossa järjestelmäkaavion sijaan.

Omakotitaloprojektissa yleissuunnitteluvaihe ja toteutussuunnitteluvaihe menevät pitkälti käsi kädessä, koska suunnitelmien laajuus on kuitenkin verraten pieni. Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään sähköasennusten sijoituspiirustukset ja lisätään johdotukset asennuspiirustuksiin. Järjestelmäselostus ja toimintokortit päivitetään pohjautuen ehdotussuunnitteluvaiheen ratkaisuihin. Tässä kohtaa tehdään myös ryhmäkeskuksen pääkaavio ja piirikaavio, joihin sisällytetään myös keskuksen KNX-komponentit ja niiden johdotukset. Suunnittelija valitsee käytettävät laitteet ja merkitsee niiden tyypit sähkösuunnitelmiin.

Suunnitteluvaiheiden jälkeen kilpailutetaan sähköurakka, ja tilaaja valitsee sopivimman urakoitsijan tai urakoitsijat. Rakennusvaiheessa järjestelmä asennetaan kokonaisuudessaan. Asennusten jälkeen suoritetaan järjestelmämittaukset ja -testaukset, joista laaditaan pöytäkirjat. Ohjelmointi suoritetaan ETS-sovelluksen avulla, jossa laitteille annetaan fyysiset osoitteet ja ohjaukset ryhmitellään ryhmäosoitteilla. KNX-järjestelmä ohjelmoidaan ja testataan tilaajan kanssa, jolloin voidaan tehdä vielä viimehetken korjauksia.

Käyttöönoton ja hyväksytyn järjestelmän vastaanoton jälkeen tilaajalle luovutetaan kopiot tietokannoista ja dokumenteista. Luovutettavia asiakirjoja ovat

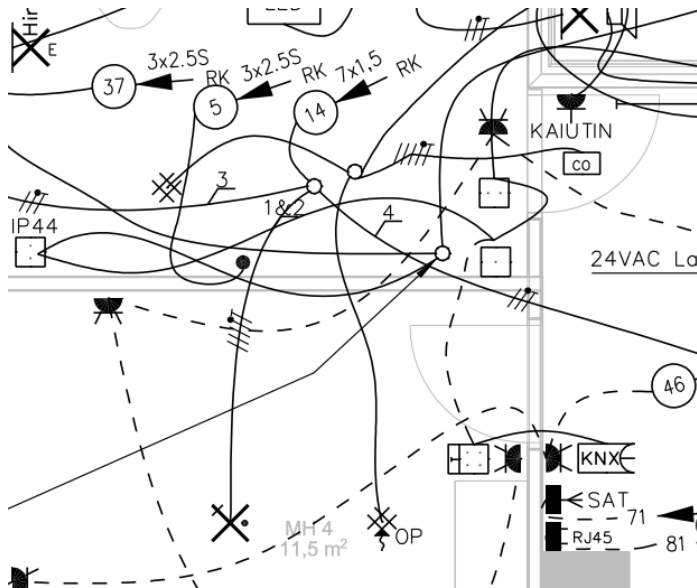
- luovutuspiirustuksiksi päivitetyt suunnitteludokumentit
- testaus- ja mittauspöytäkirjat
- vastaanottopöytäkirjat
- käyttö- ja huolto-ohjeet sisältäen KNX-laitteiden tekniset esitteet
- ETS-tietokanta ja laiteraportit
- mahdolliset muut tietokannat, esim. visualisointiohjelmien tietokannat. [7]

## 11 KNX-sähkösuunnitelma

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa tehtiin sähköasennusten sijoituspiirustusluonnokset, joilla saatiin huomioitua asiakkaan toiveet ja tarpeet suunnitteluun. Asiakkaan ohjausjärjestelmälle asettamat toiveet ja vaatimukset käytiin läpi huolellisesti. Asiakkaan kanssa tulee käsitellä sähkö- ja ohjausjärjestelmän budjetti, jotta suunnitellaan kustannuksien puolesta toteutuskelpoinen järjestelmä. Visuaaliset käyttöliittymät ja suuri integroitavien järjestelmien määrä nostavat pelkän KNX-järjestelmän kokonaiskustannukset noin 20 000–30 000 euroon peruskomponenteilla järkevästi toteutettuna.

Suunnittelun alkuvaiheessa pitää tehdä sähköliittymän mitoitus. Kohteen liittymän mitoituksessa tultiin siihen tulokseen, että 3x35 A riittää erittäin hyvin, mutta tulevaisuuden sähköauto-mahdollisuuden takia keskuksien nimellisvirrat päätettiin mitoittaa 63 A:n kokoisiksi. Keskuksen nimellisvirran kasvattaminen ei nosta keskuksen hintaa, koska pääkytkin on ainoa komponentti, joka on erilainen kuin 35 A:n keskuksessa. Liittymän koon valinnassa kannattaa ottaa huomioon verkonhaltijan liittymishinnasto. Kohteeseen 3x35 A:n liittymän hinta oli 2110 €. 3x63 A:n liittymä olisi ollut 3810 €, ja lisäksi liittymän kuukausimaksu olisi ollut suurempi. Verkon haltijan toimittama liittymiskaapeli AXMK 4x35 mahdollistaa myös liittymän muuttamisen 3x63 A.

Talon kaapeloinnissa hyödynnettiin MMO 7x1,5S -kaapelia valaistuksen ryhmäjojoissa, koska keskuksella tehtävät ohjaukset olisivat johtaneet hyvin suureen määrään 3x1,5S -kaapeleita. KNX-ohjelmoinnin helpottamiseksi tasokuvaan piirrettiin MMO:n päässä olevalta rasiaalta lähteviin kaapeleihin merkit 1, 2, 3, 4 ja 5 (kuva 3), jotta sähköasentajan ei tarvitse merkitä erikseen, mitä on kytketty mihinkin. Tällä merkintätavalla edesautettiin myös KNX-järjestelmän ohjelmointia. KNX-ohjelma voidaan luoda suunnitelmien pohjalta jo etukäteen.



Kuva 3. Ote ensimmäisen kerroksen asennusasepiirustuksesta

Pääkaaviossa on kytkinyksikkö ja kytkinyksikön kärjet yksilöity kirjaimella, kuten ne näkyvät ETS:ssä kuvan 4 mukaisesti. Riviliittimet on nimetty ryhmänumeron mukaan sekä MMO:n kytkettävä johdin on esitetty pääkavion kaapelikentässä. MMO:n rasialta lähtevän kaapelin tyyppi on näytetty huomautussarakkeessa. Asennuspiirustuksen ja pääkavion merkinnät on tehty niin, että sähköasentajan ei tarvitse välttämättä ymmärtää KNX-laitteiden toimintaa tai ohjauksia.

SA/S 12.10.2.1		Kytkeyksikkö 3			
A	1	13.2	1: Valaistus, alakerran käytävä	MMO johdin 2	(rasialta MMJ 4x1,5S)
B	2	13.3	1: Valaistus, MH13m2 katto	MMO johdin 3	(rasialta MMJ 4x1,5S)
C	3	13.4	1: Valaistus, MH13m2 katto	MMO johdin 4	(rasialta MMJ 4x1,5S)
D	4	14	johdonsuojalta 14	MMO 7x1,5	C10
E	5	14.1	1: Valaistus, MH11,5m2 katto	MMO johdin 1	(rasialta MMJ 4x1,5S)
F	6	14.2	1: Valaistus, MH11,5m2 katto	MMO johdin 2	(rasialta MMJ 4x1,5S)
G	7	14.3	1: Valaistus, alakerran terassi	MMO johdin 3	(rasialta MMJ 3x1,5S)
	8	14.4	1: Valaistus, takahuoneen katto	MMO johdin 4	(rasialta MMJ 3x1,5S)

Kuva 4. Ote ryhmäkeskuksen pääkaaviosta

Ryhmäkeskuksen ja erillisen KNX-kotelon yhdistelmä suljettiin pois jo suunnittelun alkuvaiheessa, johtuen keskuksen sijoitettavien ohjainlaitteiden ja ohjauskontaktorien määrästä. Tehdasvalmisteinen keskus maksaa enemmän kuin valmiskeskukset, mutta tehdastekoinen keskus säästää aikaa työmaalla ja lopputulos on huomattavasti siistimpi ja

selkeämpi kuin valmiskeskus ja erilliskotelo KNX-laitteille. Keskusvalmistajalta sähkökeskus tulee työmaalle mitattuna, testattuna ja juuri niillä varusteilla, kuin kyseiseen kohteeseen tarvitaan.

### 11.1 KNX-ohjaussuunnittelu

Ohjaussuunnittelun lähtökohtana voidaan pitää toimintokortteja, joihin jo projektin alkuvaiheessa aletaan kasata huoneiden ja laitteiden eri toimintoja. Tältä pohjalta suunnittelijalle muodostuu myös kuva minkälaisia painikkeita ja antureita tiloihin tarvitaan ja mitä niiden sovellusohjelmilta vaaditaan. Esimerkiksi KNX-läsnäolotunnistimia löytyy useampaa eri mallia, joko vakiovalosäädöllä tai ilman. Jos huoneeseen ei tarvita vakiovalosäätöä, selviää tilaaja halvemmalla läsnäolotunnistimella. Laitteiden sovellusohjelmat vaihtelevat suuresti eri laitevalmistajien kesken ja tämä luokin haasteen suunnittelijoille. Laittevalintaa tehdessään suunnittelijan täytyy perehtyä komponenttien sovellusohjelmiin. [9, s. 85.]

Ohjaussuunnittelussa on myös monia huomioon otettavia seikkoja. Jos taloon on suunniteltu sekä lämmitys että jäähdytysjärjestelmät ja niitä ohjataan KNX-järjestelmän kautta, on ohjelmoinnissa oltava tarkkana. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät eivät saa missään tilanteessa "taistella" keskenään eli jos esimerkiksi kesällä jäähdytetään taloa, ei lämmitysjärjestelmä saa kytkeytyä samaan aikaan päälle laskeneen sisälämpötilan takia. KNX-huonetermostaateissa on yleensä sovellusohjelmat jäähdytykselle ja lämmitykselle sekä niiden yhdistelmälle, jolloin ne eivät pääse vaikuttamaan samanaikaisesti.

KNX-järjestelmästä on hyvä tehdä järjestelmäselostus, joka palvelee urakoitsijaa ja ohjelmoijaa. Selostuksen voi sisällyttää osaksi sähköselostusta. Ohjausselostus sekä laitekohtaiset erityisehdot on esitettävä järjestelmäselostuksessa, jos sellaisia kohteessa on. Samoin selostukseen on hyvä laittaa perusohjeet KNX-väylän kytkennöistä sekä käytettävistä tiedonsiirtoyhteyksistä. [8]

### 11.2 Järjestelmäkomponenttivalinnat

KNX-järjestelmää suunniteltaessa suunnittelija yleensä valitsee myös käytettävät KNX-laitteet. Urakoitsijalla on yleensä mahdollisuus kilpailuttaa suunnitellut komponentit,

mutta silloin korvaavat tuotteet on hyväksyttävä tilaajalla ja suunnittelijalla, jotta varmistutaan sovellusohjelmien riittävydestä ja ulkonäköseikoista. KNX-standardin mukaisia laitetoimittajia on yli 400 kappaletta, joten laitetarjonta on suuri. Tässä kohteessa päädyimme käyttämään ABB:n KNX-laitteita, koska ne olivat hinta-laatusuhteeltaan hyviä ja jo entuudestaan tuttuja. Lisäksi heidän valikoimansa on laaja ja laitteiden saatavuus Suomessa on hyvä.

Pääosa toimilaitteista sijoitettiin tässä kohteessa sähkökeskukseen. Toinen vaihtoehto olisi ollut hajauttaa toimilaitteet kentälle omiin ohjauskoteloihinsa lähelle kuormia. Tähän ratkaisuun emme kuitenkaan päätyneet, koska laitteiden huollettavuus on parempi, kun ne ovat yhdessä paikassa ja käden ulottuvilla. Mahdollisten ohjausmuutostenkin kannalta sähkökeskus on ideaali asennuspaikka, koska ryhmäkaapelit lähtevät keskuksesta kentälle.

#### 11.2.1 Virtalähde ja rajapinta

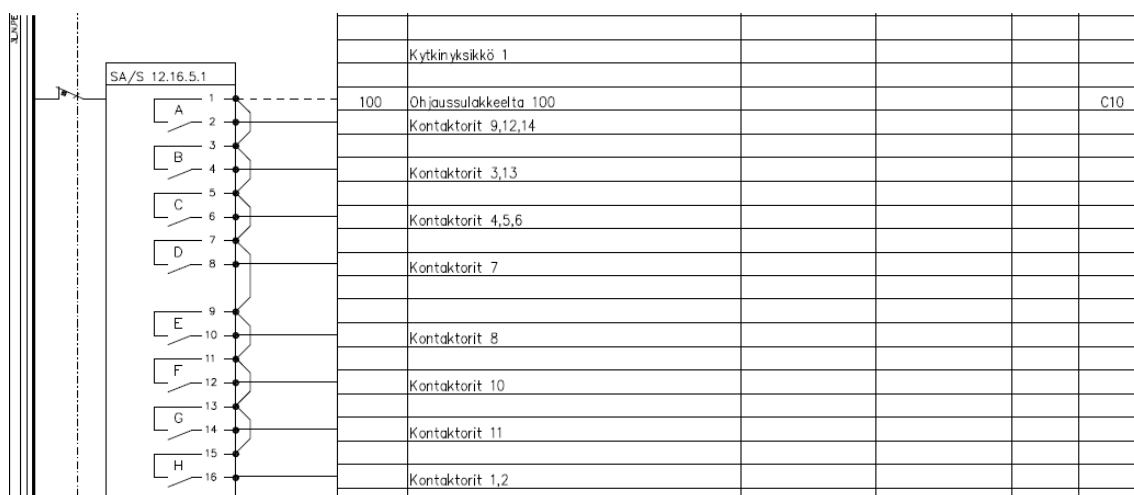
KNX-väylän virtalähteeksi valittiin ABB:n SV/S 30.640.5.1, joka on varustettu väylädiagnostiikalla. Laite sisältää indikoinnit väylän jännitteestä, virrankulutuksesta, kommunikoinnista ja vikatilanteesta. Kaikki nämä arvot on myös luettavissa suoraan KNX-väylältä kommunikointiobjektien ansiosta. Lisäksi laitteessa on mahdollisuus suorittaa väylän kautta uudelleenkäynnistäminen. Virtalähteessä on sisäinen oikosulkusuojaus, sekä erillinen 24 VDC:n virransyöttö. [19] ABB:n diagnostiikkavirtalähteen SV/S 30.640.5.1 tukkuhinta on 383 € ALV 0 %. [20]

Tässä kohteessa käytettiin ohjelmointirajapintana KNX/IP-rajapintaa, sillä kohteeseen oli tulossa etäkäyttöliittymä. Täten myös ohjelmointi oli mahdollista tehdä langattomasti kotiverkon ylitse. Laitteeksi valittiin Giran KNX IP -reititin, joka mahdollistaa KNX-järjestelmän yhdistämisen LAN-verkkoon. Giran reitittimessä oli lisäksi väyläviestien tallennusmahdollisuus. Laitteeseen voidaan asettaa muistikortti, jolle väyläviestit tallentuvat halutun ajan puitteissa. Tämä auttaa muun muassa mahdollisessa vianhaussa, kun väyläliikennettä voidaan tallentaa ja tutkia jälkikäteen muistikortilta, mikä vian on aiheuttanut. [21] Giran IP-reitittimelle ei ole vapaasti saatavilla hintaa Suomessa, mutta halvimmillaan se maksaa Saksassa noin 360 € [22].



### 11.2.2 Kytkinyksiköt ja himmentimet

Valaistushjaus kohteessa on toteutettu suurimmalta osin releohjauksena eli päälle-pois-ohjauksena. Tätä varten KNX-järjestelmään on lisätty kytkinyksiköitä, jotka ohjaavat kuormia. Kohteeseen tarvittiin noin 70 päälle-pois-ohjausta, joten mahdollisimman edullinen lähdön kappalehinta ja käsikäyttömahdollisuus olivat valintaperusteena kytkinyksiköille.[19] KNX-kytkinyksiköiksi valikoituivat ABB:n SA/S12.16.2.1 (tukkuhinta 516 €/kpl ALV 0 %) ja SA/S12.10.2.1 (hinta 506 €/kpl ALV 0 %). [20] Kytkinyksiköt ovat 12-kanaavaisia ja niiden virrankestoisuus on 16 A ja 10 A. Kytkinyksiköillä voidaan ohjata paljon muutakin kuin valaistusta. Tässä kohteessa niitä on käytetty lisäksi mm. pistorasiaryhmien- sekä sulanapidon ohjaukseen kontaktorien kautta. KNX-kytkinyksiköiden kärjille on valmistaja ilmoittanut tietyn virran kestoisuuden, mutta niitä ei kannata käyttää suurien kuormien kytkentään. Kytkinyksikön kärki voi sulaa kiinni, jos sillä kytketään suuria kuormia. Kontaktorien käytöllä saadaan luotettava tehonkytkentä kytkinyksikön kärjille ja samalla monistetaan ohjaus monelle ryhmälle (kuva 5).



Kuva 5. Kontaktorien ohjaus kytkinyksiköllä

Kohteen himmennettävät valaistusryhmät toteutettiin ABB UD/S 6197/14-101-500 -yleishimmentimellä, jonka tukkuhinta on 746 €/kpl ALV 0 % [20]. Yleishimmentimen käytöllä välttyttiin liitälaitteiden asennukselta katon sisään tai jakorasioihin, jota asiakas oli toivonut. ABB:n yleissäädin tunnistaa virrankytken jälkeen himmenninkanavissa olevien valonlähteiden virran kulutuksen himmennystä varten, mutta LED-valaisimilla tämä ominaisuus ei toimi. Laitteeseen täytyy ohjelmoida ETS-ohjelmalla himmennuksen toteutustapa, joko takareunasäätö tai etureunasäätö. Himmenninyksikkö leikkaa siis jän-

nitteen siniaaltoa joko etu- tai takareunasta. Kun käytetään LED-polttimoita, on etureunansäätö oikea säätötapa. Kuhunkin kanavaan tulee kytkeä vain samantyyppisiä valonlähteitä, jotta himmennin osaa käsitellä kuormaa ja valot himmentyvät samaan tahtiin. LED-polttimon tulee olla himmennykseen tarkoitettu ja lisäksi tulee kokeilla sopiva minimitaso, ettei säädin aiheuta ledissä vilkkumista himmennettynä. Säätimen kanavakohtaisesta tehosta voidaan hyödyntää LED-lampuilla noin 20 % kanavan ilmoitetusta maksimikuormasta, koska LED-lamput aiheuttavat suuren käynnistysvirtapiikin. Keskukseen sijoitetun himmentimen ansiosta himmennettäviä valaisinryhmiä pystytään muuttamaan. Kun valopisteisiin asennettiin valaisimet, halusikin asiakas muuttaa himmennettäviä valaisinryhmiä. [19]

### 11.2.3 Ilmanvaihdon, puhallinkonvektorin ja lämmityksen säätö

Ilmanvaihtokone liitettiin laitteen toimittajalta tulleella Intesisbox-rajapinnalla KNX-järjestelmään, jonka listahinta erikseen ostettuna on 1177 € sis. ALV 24 %.[23] Intesisboxin avulla saadaan ilmanvaihtokoneen käyntinopeutta säädettyä KNX-järjestelmän kotoa/poissa-painikkeiden avulla ja näin ollen ilmanvaihtokonetta ei erikseen tarvitse säätää joka kerta lähdettäessä ja saavuttaessa. Ilmanvaihtokoneen mitta- ja hälytystiedot saadaan KNX-järjestelmään Intesisboxin avulla ja ne voidaan tarvittaessa tallentaa tai viedä graafiseen käyttöliittymään tai viestinä käyttäjälle. [24]

Kohteen lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen lattialämmitys, jonka energia tuotetaan maalämpöpumpulla. Lattialämmityspiirin ohjaukseen käytettiin LVI-urakoitsijan toimittamiseen kuulunutta venttiilitoimilaitetta, minkä ohjaamiseen valikoitui ABB:n VAA/S 12.230.2.1-laite. [19] Se on 12-kanavainen 24–230 V -venttiiliohjain, jonka tukkuhinta on 463 €/kpl ALV 0 %. [20] Lämmitysohjaimeen tarvitaan venttiilitoimilaitteista riippuen 24–230 V:n erillinen käyttöjännite. Lämmityksen ohjauksessa tulee ottaa huomioon, että pitempi toimintakatkos järjestelmässä voi aiheuttaa mittavia vahinkoja. Venttiiliohjain valvoo toimilaitteille menevät lähdöt ja laitteen toimintaindikointi lähetetään Gira homeserveriin, mutta käyttöjännitteen osalta tarvitaan lisäksi erillinen valvontarele, josta saadaan tieto KNX-järjestelmään jännitteen katoamisesta. Maalämpöpumpun ohjausta ei kohteessa liitetty KNX-järjestelmään, mutta maalämpöyksiköstä on syytä tuoda vikatieto KNX-järjestelmään, jotta voidaan varmistua lämmitysjärjestelmän toimivuudesta ja välttää lattialämmitys- ja vesiputkien jäätymiseltä vikatilanteessa.

Kohteeseen tuli jäähdytystä varten puhallinkonvektori toisen kerroksen kattoon. Puhallinkonvektorin liittämiseksi KNX-järjestelmään puhallinkonvektorin oman ohjainlaitteen tulisi olla 230 V:n jännitteellä toimiva, koska KNX-ohjauskomponentit ovat myös 230 V -käyttöisiä.[19] Kohteen puhallinkonvektoriohjaimeksi valikoitui ABB:n FCL/S 1.6.1.1, jonka tukkuhinta on 212 €/kpl ALV 0 % [20]. Puhallinkonvektoriohjaimella ohjataan puhallinkonvektorin kolmen nopeuden lisäksi jäähdytysvesipiirin pumppua ja pääventtiiliä.

#### 11.2.4 Valoisuus- ja ulkolämpötila-anturi

KNX-järjestelmään haluttiin saada näkyviin ulkolämpötilatieto. Järjestelmään lisättiin valoisuusanturi lämpötilamittauksella, joka toimii myös "hämäräkytkimenä" ulkovalojen ohjauksessa.[19] Laitteeksi valittiin ABB:n KNX-anturi 6146/10, jonka hinta on 415 €/kpl ALV 24 % [20]. Ko. anturi oli kustannustehokkain tapa saada halutut ominaisuudet järjestelmään. Anturi sijoitettiin autokatoksen seinään aamuauringon puolelle varjoisaan paikkaan, jotta rakennuksesta tuleva lämpö ei vaikuttaisi anturiin.



Kuva 6. Ulkovaloisuusanturi lämpötilamittauksella [19]

#### 11.2.5 Verho-ohjaus

Kohteeseen suunniteltiin varaukset jälkeenpäin lisättävää verho-ohjausta varten. Ryhmäkeskukseen jätettiin tilavaraukset verhomoottoriohjaimille ja ohjauskaapeloinnit piirrettiin varauksiksi tasokuvaan. Näin ollen kaikki on valmista laitehankintoja ja verhoja varten, jos ne joskus halutaan lisätä järjestelmään.

### 11.2.6 KNX-painikkeet ja tutkat

Kalustesarjaksi valittiin ABB:n Impressivo-kalustesarja, koska sarja oli varsin kohtuullisen hintainen ja tuoteperheestä löytyi kaikki tarvittavat tuotteet. Kohteen liiketunnistimeksi valikoitui ABB:n Impressivo -sarjaan kuuluva rasia-asenteinen liiketunnistin 6122/02-84-500, jonka tukkuhinta on 127 €/kpl ALV 0 %, koska kyseisen liiketunnistimen toimintaetäisyys on jopa 15 m pienestä koosta huolimatta. Termostaattipainikkeeksi valittiin Impressivo 6128/01-84-500, jonka hinta on 204 €/kpl ALV 0 % ja lisäksi painikkeet tarvitsevat väyläliityntäyksikön 6120/23-101-500 85,5 €/kpl ALV 0 %. [20] Termostaattipainikkeeseen saadaan ohjelmoitua kahdeksan toimintoa valon ohjaukselle tai muulle vastaavalle toiminnolle ja asetusarvojen muutoksen lämpötilan säätöä varten. Termostaattipainikkeen näytössä voi näyttää erilaisia tietoja, kuten sisä- ja ulkolämpötilan, kellonajan, hälytyksiä ja muita tekstejä. [19] Asennuskorkeudeltaan termostaattipainike voidaan asentaa 1,0–1,5 metrin korkeuteen [9, s. 93].

### 11.2.7 Input-tiedot muista järjestelmistä

Palovaroitinjärjestelmä suunniteltiin FSM Groupin EI140-sarjan ionisoivilla ja optisilla palovaroittimilla. Palovaroittimet kytkettiin kerroskohtaisesti yhteen hälytyslinjaan ja kumpaankin kerrokseen asennettiin etäohjaimet ja relekanta hälytyksen siirtoa varten KNX-järjestelmään. Relekannan releeltä tieto siirretään KNX-järjestelmään ABB:n input -yksiköllä (kuva 7) US/U 2.2 58 €/kpl alv. 0 % [20]. Input yksiköllä tuotiin KNX järjestelmään myös kosteusvahdin hälytys, perus painonapit, kiukaan tilatieto ja murtoilmoitusjärjestelmän päätelaitteet. US/U 2.2 on niin pieni, että se voidaan asentaa rasiaan seinän sisään. Input-yksikön voi ohjelmoida joko NC- tai NO-käyttöön sekä switchdim -käyttöön. US/S 2.2 vaatii potentiaalivapaan koskettimen, jota se valvoo.[19]



Kuva 7. Kojerasia-asenteinen sisäänmenoyksikkö [19]

### 11.2.8 Saunan kiukaan ohjaus

Saunan kiukaan ohjaus KNX-järjestelmän kautta on myös mahdollista. Eri valmistajilla on omanlaisiaan ratkaisuja saunan kiukaan etäkäynnistyksen ja ohjauksen toteuttamiseen. Tässä kohtaa kannattaa kuitenkin olla tarkkana, sillä kiukaan etäkäynnistykseen liittyy määräyksiä. Tulikivellä on KNX-väyläliityntäyksikkö tulikiven kiukaidensa relekor-teille, jolla kiukaan ohjaus ja seuranta voidaan toteuttaa KNX-järjestelmän kautta. [25] EN-standardin 60335-2-53 mukaan kiukaan etäkäynnistystä ei saa toteuttaa, ellei pystytä varmistamaan, että sauna on tyhjä ja saunan ovi on kiinni. [26] Tulikiven kiukaassa on ratkaisu tähänkin, sillä älykäs ohjauspiiri sisältää ovikytkimen ja kuittauspainikkeen. Saunan etäkäynnistys estetään, jos saunan ovi ei ole kiinni ja kuittauspainiketta ei ole painettu. Kuittauspainikkeella siis varmistetaan, että joku on käynyt katsomassa saunan olevan tyhjä. [25]

### 11.3 Valaistussuunnittelu

Asuinrakennuksissa ei ole määräävää standardia, joka määrittäisi valaistusvoimakkuuden, UGR-indeksin tai valontasaisuuden suhteen vaatimuksia. Tästä johtuen valaisimien valinta ja sijoittelu on melko vapaata lukuun ottamatta kosteita tiloja, joissa IP -luokitus ja jännitetaso vaikuttavat siihen, mille asennus alueelle valaisin voidaan asentaa. Monipuolisilla valaistuksenohjaus ja -himmennys mahdollisuuksilla voidaan suunnittelussa valita suurempitehoisia valaisimia, koska niitä voidaan himmentää ja saavuttaa vielä samalla pidempi käyttöikä.

Asuinrakennuksen valaistuksen suunnittelussa tilaaja on usein hyvin kriittinen valaisinten ulkonäön ja hinnan suhteen. Himmennysten takia myös valaisinpisteisiin kiinnitettävät valot tai polttimot tulee olla ohjauksen kanssa yhteensopivia. LED-lamppujen himmentäminen ei ole itsestään selvää, koska himmentimen ja polttimon tulee ikään kuin sopia yhteen, jotta himmennys onnistuu ilman vilkkumista ja LED-lamppu oikeasti himmentyy. Ohjaustilanteiden kannalta DALI-liitäntälaitteelliset valaisimet tai valaisinkohdaiset DALI-releet ja -himentimet ovat myös hyvä vaihtoehto.

Sisävalaistuksen osalta kosteisiin ja yleisiin tiloihin mitoitettiin asiakkaan toivoman valon määrän mukaan sopiva määrä LED-spotteja. Spottirungoksi valikoitui edullinen alumiini runkoinen Sylvanian Insent Trend- ja Insent Trend IP44 -valaisin, johon asennettiin Phi-

lips Master LED Spot -valonlähde GU10-kannalla. Työtasojen valaistus toteutettiin alumiiniprofiilissa olevalla LED-nauhalla ja epäsuorassa valaistuksessa käytettiin samaa toteutustapaa. LED-nauhojen himmentämiseen tarvitaan 0–10 V- tai DALI-himmennin, koska suurin osa nauhojen liitäntälaitteista ei sovi himmennettäväksi yleishimmentimellä.

Ulkovalaistuksesta toivottiin yksityiskohtien esille tuomista ja hämärää yleisvalaistusta. Talon julkisivuun haluttiin pystyssä olevia valokeiloja. Koska julkisivu on osin tumman harmaa ja osin musta, päädyttiin valaisimet sijoittamaan seinän puoleenväliin, jotta niistä saadaan valoa pihan valaistukseen ja saadaan pidettyä valaisintehot pieninä. Valaisimeksi valittiin seinän sävyyn sopiva Konstsmiden Monza- ala- ja ylävalolla varustettu malli. Monzassa on alumiinista valmistettu tukeva IP44 runko, jossa on valonlähteenä GU10 -kannan LED-polttimot. Liitäntälaitteen käyttöä haluttiin välttää myös ulkona, jotta valaisin olisi asiakkaan huollettavissa. Pihalle ei haluttu yleisvalaistusta, joten puita valaistiin pienillä LED-valonheittimillä altapäin.

Teknisten tilojen, autokatoksen ja varaston valaistuksenohjausta ei katsottu kannattavaksi liittää KNX-ohjaukseen, joten näiden tilojen ohjaus hoidettiin hämäräkytkimen sisältävillä liiketunnistimilla. Teknisissä tiloissa käytettiin loisteputkivalaisimia, koska käyttötuntimäärät jäivät niin pieniksi, että LED-valaistuksen katsottiin olevan kannattamaton.

#### 11.4 Kustannustehokkuus

Normaalille rakentajalle, jolla ei ole aikaisempaa kokemusta omakotitalon KNX-järjestelmän hankinnasta, ei järjestelmän hankinnan kustannustehokas toteuttaminen ole helppo asia. Kokonaistoimitus suunnittelusta asennukseen ja käyttöönottoon on varmasti helpoin tapa, mutta se voi olla myös kallein suhteessa lopputuloksen. Järjestelmän kokonaisuutena hankkimisessa on sen hinnan vertailu lähes mahdotonta jopa alan ammattilaiselle, koska toimituksen sisältö ei voi olla toimittajien välillä sama. Mikäli halutaan esimerkiksi vain valaistuksen ja lämmityksen ohjaus perus KNX-painike-ohjauksella voi kokonaistoimitus olla varsin edullinen vaihtoehto. Visualisoinnit ja laajat järjestelmät tekevät hinnan vertailusta kuitenkin mahdottoman, koska toimituksien välille muodostuu sisältöeroja.

Huomattavasti paremman hintavertailun järjestelmäkokonaisuudesta saa suunnittelutalla omakotitalon sähköjärjestelmän KNX-ohjauksella sähkösuunnittelutoimistossa ja

kilpailuttamalla urakan. KNX-järjestelmän suunnittelu ei välttämättä onnistu kokeneelta-kaan sähkösuunnittelijalta, jos suunnittelija ei ymmärrä KNX-järjestelmän toimintatapaa. Hyvä lähtökohta suunnittelijan valintaan voisi olla esimerkiksi KNX Finland ry:n partner-yritykset, jotka ovat suorittaneet näyttökokeen osaamisensa todistamiseksi. KNX-järjes-temiä ohjelmoivia sähköasennusliikkeitä ei ole kymmenittäin, ja siksi kokonaisuuden ja- kaminen erilliseen sähköurakkaan ja KNX-järjestelmän ohjelmointiin lisää mahdollisten tekijöiden määrää. Urakan kilpailutuksessa tarjouksen pyytäminen useammalta urakoit- sijalta on ehdottoman tärkeää, koska yritysten työkanta vaikuttaa paljon urakoiden hin- noitteluun.

KNX-laitteet ovat sähköurakan työn jälkeen suurin kuluerä, joten laitteiden määrän ja tarkoituksen mukaisuuden optimointi on kustannustehokkaan toteutuksen kannalta var- sin tärkeää. Suunnitteluun panostamalla järjestelmän kokonaishinta saadaan pidettyä kurissa, koska laitteiden lisääminen tai väärin laitteiden hankinta ja mahdollinen uudel- leen ohjelmointi voivat tulla pienilläkin muutoksilla maksamaan useita tuhansia euroja.

KNX-järjestelmän peruskomponenttien hintaerot laitevalmistajien välillä ja hankintapai- koilla ovat usein 10–50 prosenttia. Ylimääräiset ominaisuudet saattavat nostaa hintaa huomattavasti, tästä esimerkkinä virranmittauksella varustetut kytkinyksiköt. KNX-järjes- telmän kilpailutus- ja hankintaprosessin aikana laitteen tai laitevalmistajan vaihdoilla voi- daan säästää siis merkittäviä summia.

KNX-laitteiden hankinnan voi tehdä monella eri tavalla. Yksinkertaisissa järjestelmissä laitteiden hankinta on helpointa tehdä urakoitsijan kautta, mutta isoissa järjestelmissä rakennuttajan kannattaisi ainakin tutkia vaihtoehtoa, jossa ostaisi KNX-laitteet erikseen. Osa KNX-laitteiden maahantuoijista, esimerkiksi OY DJS Automation AB (Berker, Zennio ja Basalte) ja OY Merilux AB (Gira), tekee suoraan kuluttajamyyntiä, jolloin tukkuri ja sähköurakoitsija ei lisää omaa katettaan tuotteiden hintaan, vaan kuluttaja voi itsekin ostaa tuotteet. Monialaisesti toimivat laitevalmistajat kuten ABB ja Schneider Electric ei- vät tee suoraa kuluttajamyyntiä ja Suomessa pääasiallinen myyntikanava on sähkötuk- kurit ja -urakointiliikkeet, mutta nettikauppojen kautta myös osa näiden valmistajien tuot- teista on kuluttajan ostettavissa esimerkiksi taloon.com nettikaupasta. Ulkomaalaisissa nettikaupoissa tarjonta on huomattavasti laajempi kuin Suomessa. Myynnissä on paljon tuotteita, joiden laitevalmistajilla ei ole maahantuoja Suomessa ja tuotetukea saa vain eurooppalaiselta maahantuojalta ja valmistajalta. Suomessa myynnissä olevia tuotteita saa erittäin kilpailukykyiseen hintaan saksalaisista ja englantilaisista nettikaupoista,

mutta takuuasioista ja tuotetuesta on syytä ottaa selvää ennen kuin tuotteita ostaa ulkomailta.

### 11.5 Ohjelmointi- ja käytönaikaiset kustannukset

KNX-järjestelmän kustannukset eivät muodostu ainoastaan laitteista ja asennuksesta, joten varsinkin visualisoinneissa ja etäohjauksissa käyttöliittymältä halutut ominaisuudet ja toiminnot saattavat toisella visualisointitavalla olla huomattavasti edullisempi ohjelmoida järjestelmään. Kohteessa visualisoinnin ja logiikan keskusyksiköksi valikoitui Gira homeserver, koska sen kautta onnistuu IOS- ja Android-sovelluksella ohjaaminen sekä etäohjauksen ja tarvittujen logiikkatoimintojen ohjelmointi järjestelmään onnistuu kohtuullisilla kustannuksilla. Periaatteessa kaikki samat toiminnot olisi mahdollista tehdä Raspberry pi -piirilevy-tietokoneella, joka olisi laitekustannuksiltaan vain murto-osan Homeserverin ostohinnasta, mutta ohjelmointi kustannukset olisivat huomattavasti suuremmat, kun ohjelma pitäisi tehdä tyhjästä. Visuaalinen käyttöliittymä tarvitsee myös näytön, jolta järjestelmää ohjataan. KNX-laitetoimittajien seinään kiinnitettävät ohjausnäytöt ovat todella kalliita ja esimerkiksi Giran Control 9 -näytön hinnat alkavat 2 300 €:sta kappaleelta.

Karkea kustannusarvio tämän kokoisen kohteen KNX-ohjelmoinnista ilman visualisointia on 2 000–3 000 €, joka riippuu täysin järjestelmälaajuudesta ja halutuista toiminnoista. Visuaalisten käyttöliittymien ohjelmoijia ei ole niin paljon, kuin ETS-ohjelmoijia. Usein visuaalisten ohjelmien tekijät hallitsevat vain yhden tai muutaman valmistajan käyttöliittymien ohjelmoinnin. Yleensä kuitenkin visuaalisen käyttöliittymän ohjelmoija osaa myös ETS-ohjelmoinnin. KNX-ohjelmoinnin hinta visualisoinnin kanssa voi olla 3 000–6 000 €.

Langaton etäkäyttö mahdollistaa tablettitietokoneiden käytön myös kiinteästi asennettuna ohjauspaneelina. Kohteeseen haluttiin kolme ohjauspistettä, joihin tulee näytöt. KNX-järjestelmään suoraan liitettävillä näytöillä kustannukset olisivat olleet minimissään 1 500 € kappaleelta ja tällä ei olisi vielä saatu etäohjausta. Kolme tablettitietokonetta seinään asennettuna voidaan toteuttaa noin yhden näytön hinnalla.

KNX-järjestelmän käytönaikaisista kustannuksista ei juurikaan puhuta, mutta kuten minkä tahansa tietoteknisen järjestelmän kanssa laitteiden ohjelmistoa pitää päivittää välillä. Homeserverin ohjelmistopäivityksiä, joissa on tullut uusia ominaisuuksia, tulee



noin kerran vuodessa ja pienempiä päivityksiä tarpeen mukaan. Lisäksi jos järjestelmän tarpeet tai käyttäjä vaihtuu, niin KNX-järjestelmä tarvitsee mahdollisesti ohjelmointimuutoksia. Laitteissa esiintyy varsin vähän toimintahäiriöitä, mutta omakotitalon kokoisessa järjestelmässä saattaa kerrasta kahteen kertaan vuodessa esiintyä toimintahäiriöitä, jotka yleisimmin ratkeavat KNX-linjan jännitteettömänä käytöllä, mutta osa häiriöistä vaatii laitteen uudelleen ohjelmoinnin.

## 12 Visualisointi ja etäkäyttöliittymät

### 12.1 Visualisointivaihtoehdot

KNX-järjestelmää voidaan ohjata painikkeiden lisäksi esim. kosketusnäyttöpaneelilta tai tablettitietokoneilta. Tässäkin kohtaa eri valmistajilta löytyy erilaisia ratkaisuja, joilla käyttöliittymän voi toteuttaa. Yksi mahdollisuus on liittää suoraan KNX-järjestelmään KNX-kosketusnäyttö. Näyttö sisältää ohjelmiston, joka täytyy ohjelmoida käyttäjän tarpeiden mukaan. Kuvassa 2 on ABB:n KNX-kosketusnäyttö, jolla voidaan ohjata kaikkia KNX-järjestelmän toimilaitteita. Tällainen näyttö on seinäasenteinen, eikä sitä voida liikutella. Comfort Touch -näytön kautta voidaan luoda myös rajapinta tablettitietokone- tai älypuhelinikäyttöliittymälle. Tämä vaatii näytön yhdistämistä talon laajakaistaverkkoon.

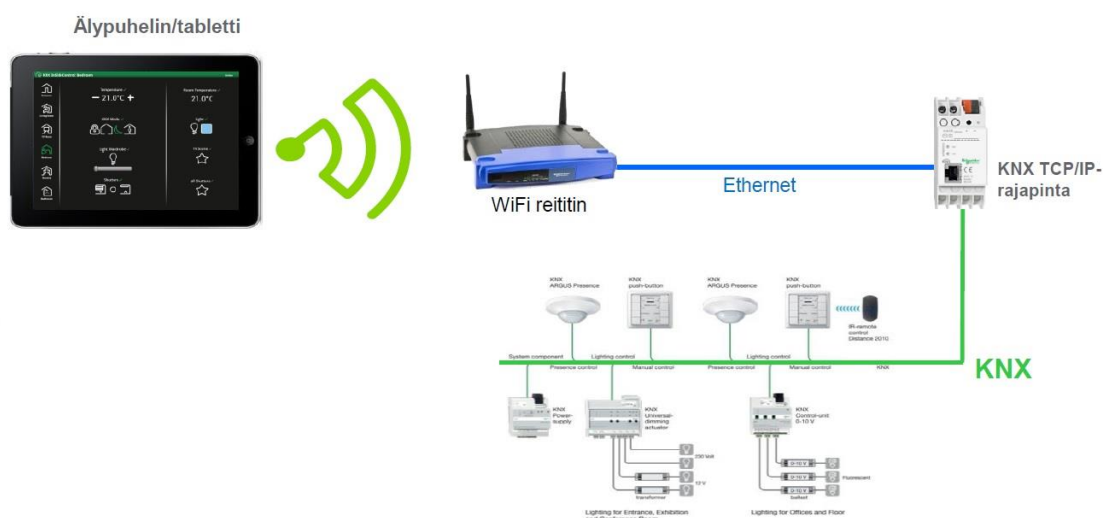


Kuva 8. ABB Busch Comfort Touch -kosketusnäyttö [19]

Toinen vaihtoehto on toteuttaa visualisointi tabletti- tai älypuhelinsovelluksen avulla. Tällöin järjestelmässä on myös etäkäyttömahdollisuus muualtakin kuin kotoa. Nykyään on olemassa monia eri vaihtoehtoja etäkäyttöliittymän toteutukseen riippuen siitä, kuinka laaja ohjaus halutaan toteuttaa ja millainen visuaalinen ilme ohjauksille halutaan. Etäkäyttöliittymä on mahdollista toteuttaa joko palvelin pohjaisesti tai sovellus pohjaisesti.

Suurimpina eroina voidaan mainita hinta, ohjelmoinnin laajuus ja tarvittavien komponenttien määrä. Etäkäyttöliittymä täytyy aina ohjelmoida ja se vaatii myös yleensä perehtyneisyyttä mm. IP-verkon ominaisuuksiin, jotta laitteet saadaan yhdistettyä verkkoon ja keskustelemaan keskenään.

Sovelluspohjainen käyttöliittymä on kaikista yksinkertaisin vaihtoehto ja myös halvin. KNX-järjestelmään tarvitaan, kuten kuvassa 9 näkyy, vain KNX TCP/IP-rajapinta sekä Internet-liittymä ja WIFI-reititin. Eri toimijoilla on tarjolla ohjelmia tableteille ja älypuhelimille, joihin voi luoda haluamansa ohjaukset. Tätä vaihtoehtoa voisi kuvata ”KNX kauko-ohjaimeksi”. [27]

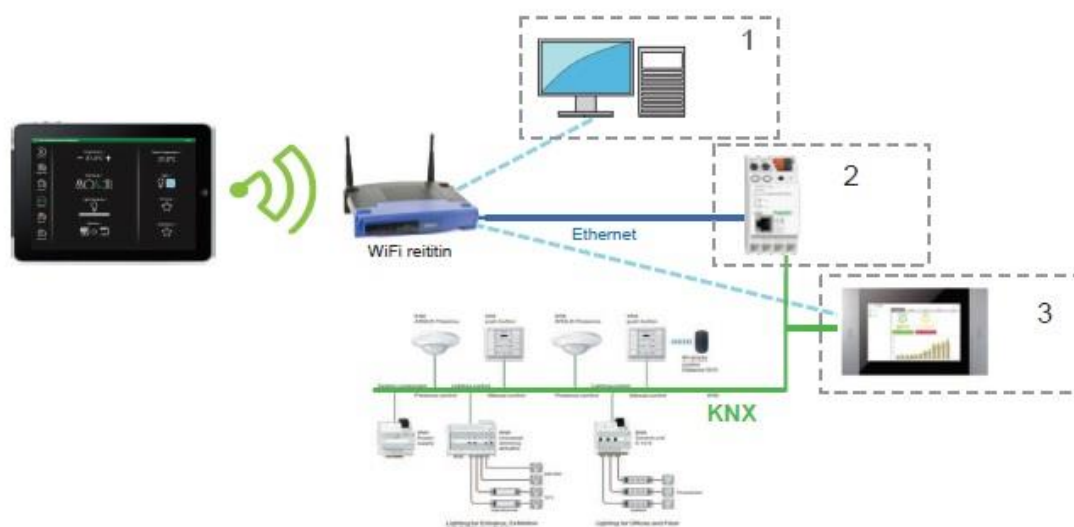


Kuva 9. Sovelluspohjainen etäkäyttö [27]

Sovelluspohjainen käyttöliittymä voidaan rakentaa esim. Schneiderin InSideControl-laitteistolla, jolloin sähkökeskukseen lisätään InSideControl TCP/IP -rajapinta. Laitteen hinta on n. 800 € sisältäen ALV:n. [28] Tämän jälkeen käyttöliittymä ohjelmoidaan tietokoneen avulla ja loppujen lopuksi tablettiin ladataan sovellus, jolla KNX-järjestelmää ohjataan Internetin välityksellä.

Etäohjauksen voi toteuttaa myös palvelin pohjaisesti, kuten kuvassa 10. Tällöin joko KNX-järjestelmän, KNX/Ethernet-rajapinnan tai Ethernet-verkon puolelle sijoitetaan palvelin, jolle etäkäyttöliittymä rakennetaan. Palvelin toimii samalla tallennustilana esimerkiksi ajastetuille toiminnoille ja energian käytön tilastoille. Tämä ratkaisu on huomattavasti kalliimpi kuin sovelluspohjainen käyttöliittymä. Lisäksi ohjelmointi on monimutkaisempaa ja vaatii laajalti perehtymistä. [27] Tällainen palvelin pohjainen etäkäyttöliittymä

voidaan toteuttaa esim. Gira Homeserverillä. Gira palvelimen hinta on noin 1 974 € sisältäen ALV:n. [22]



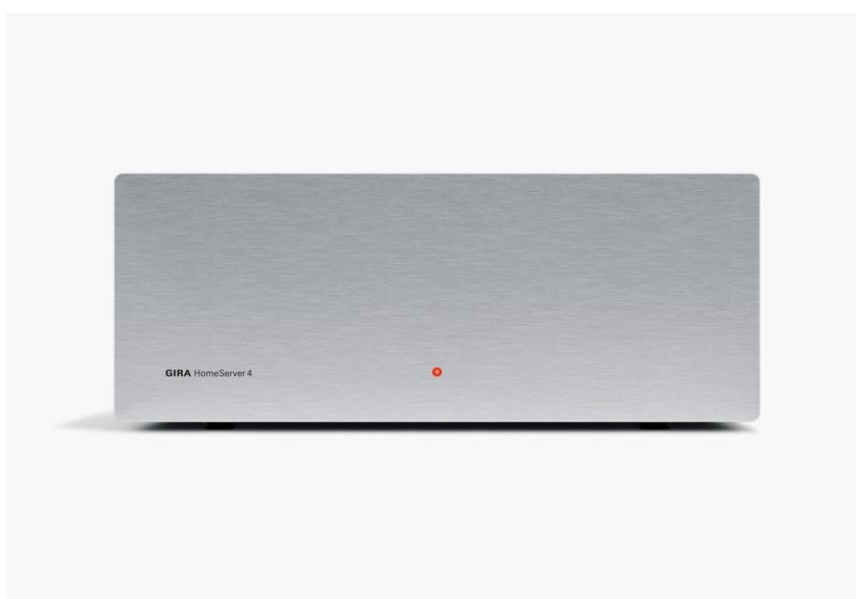
Kuva 10. Etäkäyttö palvelimen avulla [27]

## 12.2 Gira Homeserver

Gira Homeserver on pienen keskusyksikön kokoinen palvelin (kuvassa 11), jolla voidaan laajentaa KNX-järjestelmän ominaisuuksia. Homeserver täytyy yhdistää Internetiin, jotta yhteys palveluportaaliin pystytään muodostamaan. Laite pitää ensi alkuun rekisteröidä Gira Internet-sivuilla. Tärkeä seikka, joka on otettava huomioon Internet- liittymää hankittaessa, on sen IP-osoite. Vähimmäisvaatimus järjestelmän etäkäyttömahdollisuuteen on julkinen IP-osoite. Osoite saa olla myös vaihtuva eli välttämättä ei tarvita kiinteää IP-osoitetta. Soneralta, Elisalta, DNA:lta ja Tele Finlandilta löytyy nykypäivänä valikoimistaan myös julkisella IP-osoitteella varustettuja mobiililaajakaistaliittymiä (3G- ja 4G-liittymät), jos ei haluta käyttää langallista nettiliittymää. Järjestelmän integraattorin täytyy opastaa käyttäjiä tästä, etteivät he mene vaihtamaan Internet-liittymäänsä väärän tyyppiseen liittymään. Toinen tähän liittyvä seikka on Internet-reitittimen asettelu järjestelmän kommunikointia varten. Reitittimeen on tehty yleensä porttiohjauksia ja konfigurointiteja, joilla yhteydet saadaan ohjattua oikeaan osoitteeseen. Niitä ei saa vaihtaa, jotta yhteydet pysyvät kunnossa sekä palvelimen ja Internetin välillä että KNX-järjestelmän ja Internetin välillä. Reitittimestä olisikin hyvä ottaa varmuuskopio, jos tämä on mahdollista.

Tämä auttaa muun muassa tilanteessa, jossa reititin hajoaa ja se täytyy vaihtaa uuteen samanlaiseen reitittimeen.

Homeserverin ohjelmointi tapahtuu Giran Expert -ohjelmalla, jossa laitteelle annetaan kaikki perusparametrit sekä asetukset. Itse visualisoinnin eli käyttöliittymän ohjelmointi tapahtuu Expertin QuadClient- sovelluksella, jolla kaikki toiminnot luodaan esim. tabletti-käyttöliittymälle. KNX-ryhmäosoitteet on tuotava ETS-ohjelmasta tiedostona Expertiin, jonka jälkeen niitä voidaan käyttää ohjauskäskyihin. KNX-järjestelmä on tietenkin tätä ennen pitänyt ohjelmoida ETS-ohjelmalla. Homeserverin ohjelmoinnista löytyy monipuolisia virtuaalikoulutuksia Gira Academyn Internetsivuilta.



Kuva 11. Gira Homeserver [29]

Ohjelmoinnin kannalta on erittäin tärkeää pitää varmuuskopiot ohjelmatiedostoista tallella, koska ilman niitä ohjelman muuttaminen on mahdotonta. Homeserver ei talleta itseensä ohjelmointitiedostoja, vaan päivitykset tehdään vanhaan projektitietokantaan ja se ladataan lopuksi palvelimeen. Jos projektitietokanta katoaa, joutuu järjestelmän koko ohjelmoinnin suorittamaan uudestaan alusta pitäen. Viimeisin tietokanta kannattaa siis tallentaa useampaan paikkaan, jotta se varmasti pysyy tallella. Homeserverin ohjelmoinnin kannattaa myös tallentaa aina uusi projektitietokanta, kun vanhaa muutetaan tai päivitetään. Tämä edesauttaa siinä tilanteessa, jos palvelin menee esimerkiksi jumiin kesken uuden päivitetyn tietokannan latausta. Tällöin vanha tietokanta voidaan ladata takaisin Homeserveriin.

Homeserverin avulla pystytään integroimaan taloautomaatiojärjestelmään myös muita järjestelmiä kuten kameroita, audiojärjestelmiä sekä ovipuhelinjärjestelmiä. Kaikki MJPG-ominaisuudella varustetut IP-kamerat on mahdollista yhdistää Gira Homeserveriin, jolloin kamerakuva saadaan näkyviin esim. tabletti-käyttöliittymälle, kuten kuvassa 12. Homeserveriä voidaan käyttää myös kamerakuvien ja -videoiden tallennuspaikkana. Yhdistettäessä kamerat Homeserveriin voidaan kamerakuvaa tarkastella myös muualta kuin kotoa etäkäytön ansiosta.



Kuva 12. Gira Homeserver -käyttönäytön etusivu [29]

Audiojärjestelmistä Homeserver tukee Revox-monihuonejärjestelmää. Homeserveriin voidaan lisätä plugin-ohjelma, jonka avulla Revox-äänentoistolaitteita voidaan ohjata taloautomaatiojärjestelmästä ja musiikin toistaminen onnistuu Homeserver-käyttöliittymän kautta yhdestä ja samasta sovelluksesta.

Gira Homeserverillä toteutettuun etäkäyttöliittymään voidaan yhdistää myös Giran oma portti-/ovipuhelin-järjestelmä. Sen avulla kuvaa voidaan siirtää suoraan Homeserverin kautta esimerkiksi tabletin näytölle ja avata portti tai ovi lukosta.

Homeserverin kautta voidaan suorittaa myös ETS-etäohjelmointia KNX-järjestelmään, sillä palvelin sisältää iETS-tuen. Tätä varten Homeserveristä täytyy valita iETS-sovellus käyttöön ja määrittää portit, joiden kautta yhteysliikenne halutaan tapahtuvan. Samoin

ETS-ohjelman puolelta täytyy määritellä yhteysasetukset niin, että ohjelma ottaa yhteyden Internetin ylitse Gira-portaaliin ja sitä kautta ohjelmoitavan kohteen KNX-järjestelmään. [29]

### 13 Tietoturvallisuus

KNX-etäkäyttöjärjestelmään, niin kuin kaikkiin muihinkin Internetiin liitettyihin järjestelmiin, liittyy aina tietoturvallisuusriski. Järjestelmäintegraattorin on tiedettävä, mitä hän tekee ja miten muodostaa turvallinen yhteys, etteivät ulkopuoliset pääse käsiksi taloautomaatiojärjestelmään. Etäyhteys voidaan toteuttaa Internetin ylitse, jolloin mukaan tulevat porttiohjaukset palomuurin lävitse tai VPN-yhteydet.

Omakotitalojen KNX-järjestelmiin käytetään tavallisesti palomuurin läpi porttiohjattuja yhteyksiä. Nämä yhteydet ovat riittävän turvallisia kotiympäristöihin. Tällöin palomuriin luodaan tietyt porttinumerot, jotka johtavat KNX-järjestelmään. Suuremmissa kiinteistöissä käytetään VPN-yhteyksiä niiden korkeamman suojauksen takia. [30]

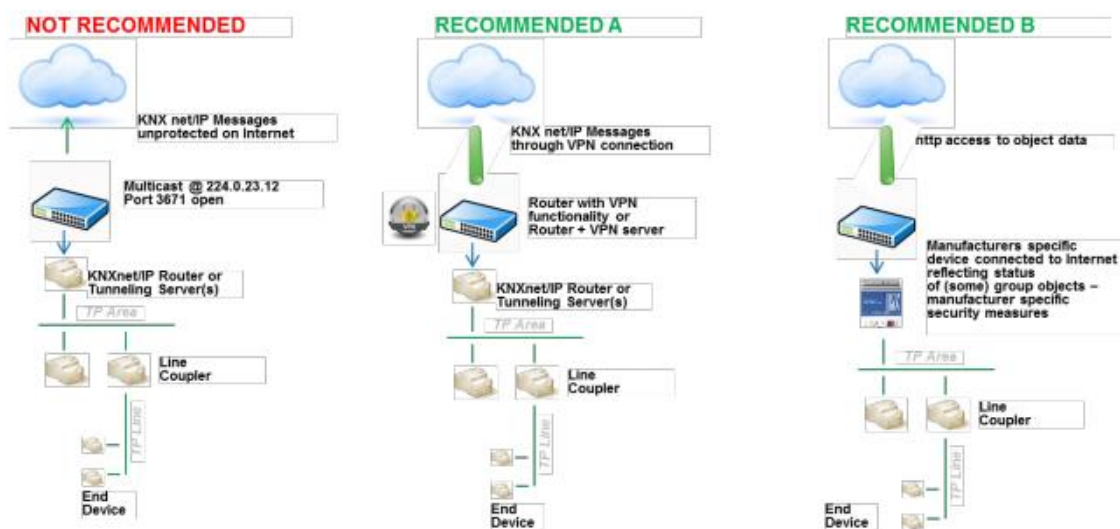
Gira Homeserverin etäkäytön toimintaperiaate pohjautuu palveluportaaliin, johon Homeserver ensin ottaa yhteyden. Tämän jälkeen yhteysliikenne kodin automaatiojärjestelmään tapahtuu SSL-suojatun yhteyden kautta, jota myös pankkiyhteydet käyttävät. Palveluportaalin ansiosta Homeserverillä toteutettu ohjelmointi- ja käyttöyhteys on turvallinen. [31]

#### 13.1 Väyläjärjestelmä

Integroitujen väyläjärjestelmien yleistyminen herättää varmasti kiinnostusta myös ilkivallantekijöissä ja rikollisissa. Vaikkei KNX-järjestelmää olisi yhdistetty Internetiin, on siihen liittyminen helppoa. KNX-järjestelmään käsiksi pääsy edellyttää kytkeytymistä väylään eli fyysisesti KNX-parikaapeliin. Väylällä liikkuvia viestejä ei ole salattu, ainakaan vielä. Suunnittelussa ja urakoinnissa väyläkaapelien ja laitteiden sijoituksia tuleekin miettiä tarkkaan ulkotiloissa ja yleisötiloissa. Väyläkaapelit ja -laitteet tulisi sijoittaa tällaisissa paikoissa ulottumattomiin, ettei niihin helposti pääse käsiksi.

## 13.2 Tulevaisuus

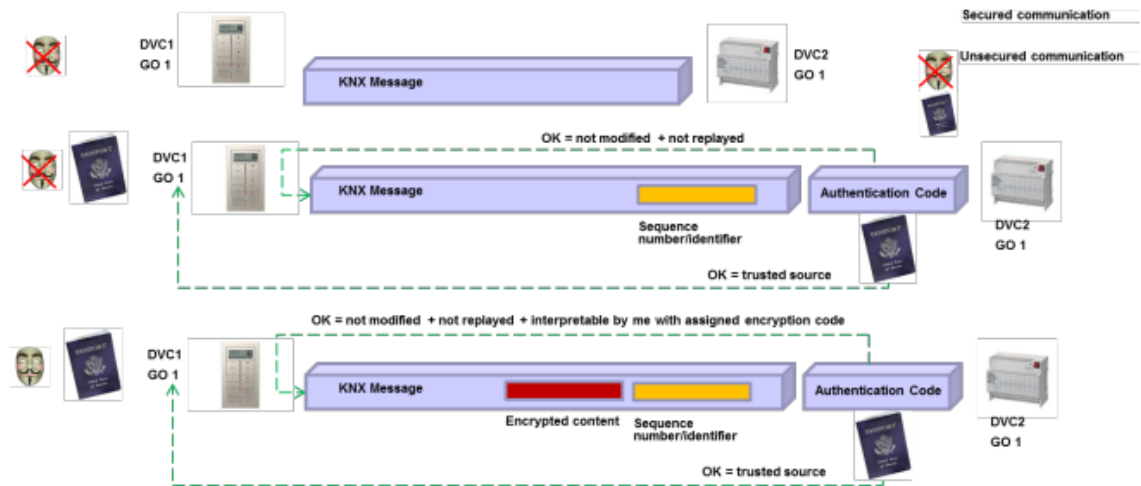
Tulevaisuudessa KNX-väylän voi tehdä suojatuksi. Järjestelmän suojausta on kehitetty jatkuvasti ja tulevaisuudessa julkaistaan KNX IP Secure- ja KNX Data Secure konseptit. [32] IP Secure on suojaus Internetiin liitettyihin KNX-järjestelmiin ja Data Secure puolestaan on järjestelmän sisäistä suojausta varten. ETS 5.5- käyttöönotto- ja suunnitteluohjelma sisältää tuen uusien ”lukollisten” KNX-laitteiden ohjelmointiin. [33]



Kuva 13. KNX-järjestelmän yhdistäminen Internetiin [32]

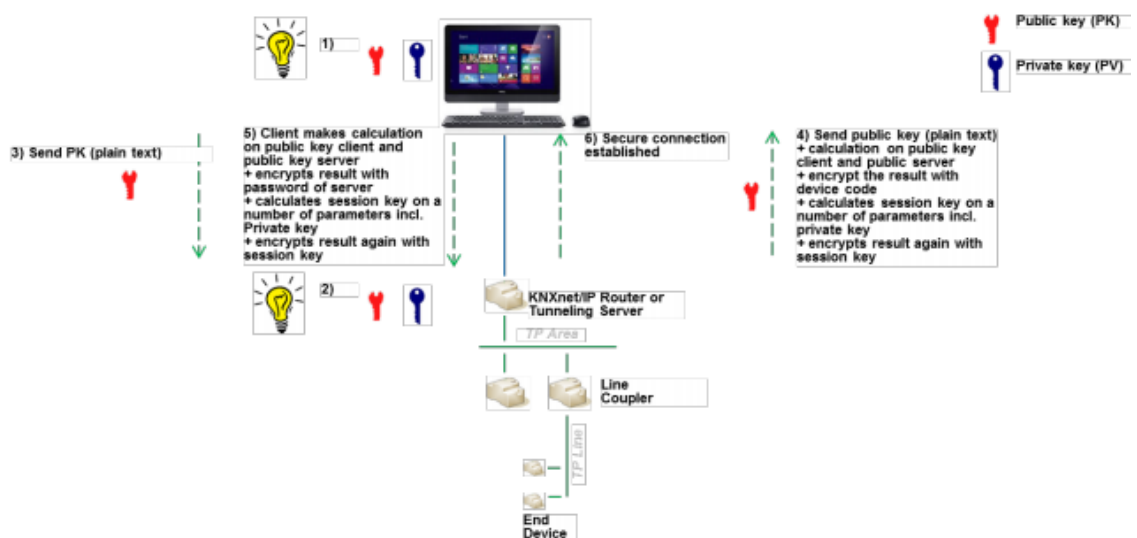
Kuvassa 13 on esitetty mahdollisia tapoja, joilla KNX-järjestelmä voidaan yhdistää Internetiin. KNX-järjestelmän ”suoraa” yhdistämistä ei suositella suuremmissa järjestelmissä, vaan ennemminkin pitäisi käyttää VPN-yhteyttä tai erillistä salattua yhdyskäytävää. Tähän tarkoitukseen on olemassa myös erillisiä laitteita, joilla VPN-yhteys voidaan toteuttaa esim. Tosibox-ratkaisu ja ISE Secure connect -rajapinta.

KNX Data Secure-konseptin myötä KNX-laitteet tulevat olemaan ”avainkoodilla” suojattuja. Ohjelmoijan täytyy kirjoittaa laitekohtaiset avainkoodit ETS-ohjelmaan ja se luo projektille ominaisen ”työkaluavaimen”. Laitekoodeja ei pystytä kirjoittamaan ETS:ään KNX-väylän kautta. KNX-laitteet omaksuvat tämän salatun työkaluavaimen ohjelmoitaessa laitteita, ja tämän jälkeen niihin ei pystytä tekemään muutoksia, muuta kuin ko. työkaluavaimen sisältävällä ETS-ohjelmalla ja projektitiedostolla. Näin ollen kenelläkään muulla ei ole enää pääsyä järjestelmälaitteisiin ja väyläviesteihin, vaikka KNX-väylään päästäisiinkin liittymään. Kuvassa 14 on esitetty KNX Data Securityn toimintaperiaate.



Kuva 14. KNX Data Secure -konsepti [32]

KNX IP Secure -yhteys puolestaan luodaan KNX/IP -palvelimen ja asiakkaan välille. Yksinkertaisuudessaan asiakas lähettää palvelimelle julkisen avaimensa, johon palvelin vastaa omalla julkisella avaimellaan, jonka se salaa muutamaan kertaan. Tämän jälkeen asiakas salaa yksityisavaimensa salasanalla kahdella eri tavalla ja lähettää sen palvelimelle, jonka jälkeen suojattu yhteys on muodostettu. [32] Kuva 15 kuvastaa hyvin KNX IP Secure -yhteyden muodostamista.



Kuva 15. KNX IP Secure-yhteyden muodostus [32]



## 14 Pohdinta

Omakotitalon toteuttaminen KNX-järjestelmällä on merkittävä sijoitus. Laitteiden hinnat ovat vielä korkeita ja kehitys jatkuvaa. Järjestelmän hyviä puolia ovat sen tuoma käyttömukavuus ja muuntojoustavuus. Jos suunnittelee KNX-järjestelmän hankintaa omakotitaloonsa, kannattaa perehtyä järjestelmän ominaisuuksiin ja mahdollisuuksiin sekä järjestelmän kokonaishintaan.

Tulevaisuudessa KNX-järjestelmät tulevat varmasti yleistymään omakotitalorakentamisessa. Jos taloautomaatiojärjestelmät aletaan ottaa huomioon nykyään vaadittavissa energiaselvityksissä, ovat KNX:n tuomat edut huomattavat. Suomestakin löytyy jo todella monia suunnittelu- ja urakointiyrityksiä, joilla on riittävästi tietotaitoa toteuttaa KNX-projekteja.

Omakotitalon valaistuksen toteuttaminen DALI-valaisimilla toisi KNX-järjestelmään lisää muuntojoustavuutta. Perusvalaistukseen löytyisi varmasti DALI-liitäntälaitteellisia valaisimia, mutta ongelmia saattaisivat tuottaa sisustusvalaisimet ja perus-kattopistorasiavalaisimet. Himmennyksen kannalta DALI-järjestelmä on erinomainen ratkaisu, sillä himmennys toteutetaan digitaalisesti. DALI-valaistusohjaus ei tuo kuitenkaan huikeaa lisäarvoa omakotitalon valaistukseen, koska harvoin ohjausryhmiä tarvitsee muuttaa tai ryhmitellä erikseen. Toisaalta jos kaikkea omakotitalon valaistusta halutaan himmentää, on DALI ainut järkevä vaihtoehto tämän toteuttamiseen.

## 15 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli aikaansaada kattavat omakotitalon sähkösuunnitelmat sekä syventää tietotaitoamme älykkään sähköjärjestelmän suunnittelusta. Suunnittelun aikana perehdyimme useisiin määräyksiin ja standardeihin, joiden pohjalta suunnitelmat tehtiin. Samalla perehdyimme KNX:n luomiin mahdollisuuksiin ja eri järjestelmien integroitavuuteen KNX-järjestelmän osaksi.

Älykkään omakotitalon rakentamista pohdittiin myös tilaajan kannalta. Tilaajan rooli on merkittävä jo suunnitteluvaiheessa, jotta kaikki järjestelmään haluttavat toiminnot ja oh-

jaustarpeet saadaan toteutettua. Tässä kohteessa tilaajalla oli jo entuudestaan kokemusta KNX-järjestelmästä, joka auttoi todella paljon myös suunnittelun lähtötietojen koonnissa.

Oma tietotaitomme KNX-järjestelmää kohtaan kasvoi merkittävästi. Tutustuimme uusiin KNX-laitteisiin sekä järjestelmän etäkäytettävyyteen. LVI-järjestelmien integrointi KNX-järjestelmään laajensi näkemystämme koko taloautomaatiojärjestelmän laajuudesta ja suunnitelmien yhteensovituksen merkityksestä eri suunnittelualojen välillä.

Insinööriyön tuloksena saatiin aikaan kokonaisvaltaiset sähkösuunnitelmat rakenteilla olleeseen omakotitaloprojektiin. Suunnitelmien pohjalta kohde myöhemmin toteutettiin ja KNX-järjestelmä ohjaa talon perustoimintoja muun muassa lämmityksestä ilmastointiin ja valo-ohjauksiin. Tilaaja oli tyytyväinen saamiinsa suunnitelmiin ja laajoihin ominaisuuksiin, jotka KNX-järjestelmällä oli mahdollista toteuttaa. Varsinkin omakotitalokohteissa järjestelmästä kannattaa ottaa kaikki mahdollinen hyöty irti, koska järjestelmä on investointikustannuksiltaan kuitenkin merkittävä sijoitus. Gira Homeserverillä toteutetulla visualisoidulla käyttöliittymällä saavutettiin asiakkaan toivoma monipuolinen ja helppokäyttöinen ohjaus kaikille talon eri järjestelmille.

## Lähteet

- 1 RT 80299 Pientalohankkeen sähkösuunnittelusopimus. 2004.
- 2 RT 80305 Pientalohankkeen sähkösuunnittelun tehtäväluettelo. 2005.
- 3 RT 10-11129 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. 2013.
- 4 Sähköturvallisuuslaki 410/1996. 1996. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>> Luettu 17.4.2016
- 5 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/1999. 1999 <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19991193>> Luettu 17.4.2016
- 6 SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 7 ST 701.31. Sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen. 2012. Sähkötieto ry.
- 8 ST 701.32. Selostusesimerkit S2010-nimikkeistön mukaan. T860, sähköautomaatiototeutus KNX-väyläjärjestelmää käyttäen. 2014. Sähkötieto ry.
- 9 ST-Käsikirja 23. KNX-järjestelmän perusteet. 2015. Espoo. Sähkötieto ry.
- 10 Viestintäviraston määräys kiinteistön sisäverkosta ja teleurakoinnista 65 A/2014M. 2014. Verkkodokumentti. <<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M65A2014.pdf>> Luettu 17.4.2016
- 11 Sisäasiainministeriön asetus 239/2009. 2009. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090239>> Luettu 17.4.2016
- 12 Ympäristöministeriön asetus 3/11. 2011. <[http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf)> Luettu 17.4.2016
- 13 Carunan yleisohjeet sähköurakoitsijoille ja – suunnittelijoille. 2015. Verkkodokumentti <[https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/carunan\\_yleisohjeet\\_sahkourakoitsijoille\\_ja\\_suunnittelijoille\\_0.pdf?vN4id5lYkJW4ZA1Ut28J5mmy5fuYnzxL](https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/carunan_yleisohjeet_sahkourakoitsijoille_ja_suunnittelijoille_0.pdf?vN4id5lYkJW4ZA1Ut28J5mmy5fuYnzxL)> Luettu 31.1.2016
- 14 ST 13.28. Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. 2009. Espoo. Sähkötieto ry.

- 15 ST-Käsikirja 34. Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä. 2009. Espoo. Sähkötietory.
- 16 ST-Kortti 43.25. Lomake Tarjous RYS-9 1998-T. 1998. STUL ry.
- 17 KNX-järjestelmän kotisivut. 2016. <<https://www.knx.org/knx-en/knx/association/introduction/index.php>> Luettu 15.4.2016
- 18 Schneider Electric KNX Building Control System. <<http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/product-launch/knx/how-does-knx-works.page>> Luettu 15.4.2016
- 19 KNX-taloautomaatio. 2016. Verkkodokumentti. ABB Asennustuotteet. <[http://www.asennustuotteet.fi/catalog/15909/KNX%20-taloautomaatio\\_FIN1.html](http://www.asennustuotteet.fi/catalog/15909/KNX%20-taloautomaatio_FIN1.html)> Luettu 16.4.2016
- 20 SLO verkkokauppa. Verkkoaineisto. <<http://www.slo.fi>> Luettu 16.4.2016
- 21 Gira IP-Router product documentation. 2015. <<http://download.gira.com/data2/21673690.pdf>> Luettu 16.4.2016
- 22 My KNX Shop. Verkkoaineisto. <<http://www.my-knx-shop.net/GIRA-216700-IP-Router-KNX-EIB-REG>> Luettu 17.4.2016
- 23 Taloon.com. Verkkoaineisto. <<http://www.taloon.com>> Luettu 17.4.2016
- 24 Ensto Enervent kotisivut. <<https://www.enervent.com>> Luettu 15.4.2016
- 25 KNX-ohjelmoidun ohjeet. 2014. Verkkoaineisto. Tulikivi. <[http://www.tulikivi.fi/malisto/sauna//AO1112\\_Manual\\_KNX\\_FIN\\_SWE\\_ENG\\_RUS\\_2014\\_09\\_2014.pdf](http://www.tulikivi.fi/malisto/sauna//AO1112_Manual_KNX_FIN_SWE_ENG_RUS_2014_09_2014.pdf)> Luettu 16.4.2016
- 26 SFS EN 60335-2-53. Household and similar electrical appliances. Safety. Part 2-53. Particular requirements for sauna heating appliances and infrared cabins. 2011.
- 27 Kalevi Härkönen. 2015. Uudet KNX-visualisointiratkaisut. Verkkodokumentti. <[http://knx.fi/download.php?liite\\_id=9751](http://knx.fi/download.php?liite_id=9751)> Luettu 16.4.2016
- 28 Sähkötuote.fi. Verkkoaineisto. <<http://sahkotuote.fi/kauppa/products/2820131/v%C3%A4yl%C3%A4muunnin-knx-knx-ip-rajapinta-insidecontrol-din>> Luettu 17.4.2016
- 29 Gira kotisivut. 2016. Verkkoaineisto. <[http://www.gira.com/fi\\_FI/gebaeudetechnik/systeme/knx-eib\\_system/knx-produkte/homeserver.html](http://www.gira.com/fi_FI/gebaeudetechnik/systeme/knx-eib_system/knx-produkte/homeserver.html)> Luettu 17.4.2016

- 30 Turvallinen etäyhteys KNX-väylään. 2015. Verkkodokumentti. Mikael Sjöblom. <[http://knx.fi/download.php?liite\\_id=9753](http://knx.fi/download.php?liite_id=9753)> Luettu 16.4.2016
- 31 Taloautomaation tietoturvaratkaisut kehittyvät. 2016. Verkkodokumentti. Sähköala.fi. <[http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s\\_taloautomaatio/fi\\_FI/taloautomaation\\_tietoturvaratkaisut\\_kehittyvat/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s_taloautomaatio/fi_FI/taloautomaation_tietoturvaratkaisut_kehittyvat/)> Luettu 16.4.2016
- 32 KNX Security, Position paper. 2015. Verkkodokumentti. <[https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Security-Position-Paper/KNX-Security-Position-Paper\\_en.pdf](https://www.knx.org/media/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Security-Position-Paper/KNX-Security-Position-Paper_en.pdf)> Luettu 16.4.2016
- 33 KNX Secure-Secured KNX Communication. 2016. Verkkodokumentti. <<http://media.knx.org/feed/file/697>> Luettu 16.4.2016

## Pientalohankkeen sähkösuunnittelusopimus

**RT<sup>®</sup>****RT 80299**marraskuu 2004  
1 (3)**PIENTALOHANKKEEN SÄHKÖSUUNNITTELUSOPIMUS****RT kuluttaja**  
asiakirja

Tätä sopimuslomaketta käytetään suunnittelusopimuksissa, joissa tilaajana on kuluttaja.  
Sopimuksen ja siihen liittyvän tehtäväluettelon RT 10-10833, LVI 03-10380  
Pientalohankkeen tehtäväluettelot ovat laatineet Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK  
RKL ry, Suomen Arkkitehtiliitto ry SAFA ja Rakennustarkastusyhdistys RTY ry.  
Sopimus on kuluttaja-asiamiehen tarkastama.

**SOPIJAPUOLET**Rakennushankkeeseen  
ryhtyvät

Nimi

Puhelin

Osoite

Matkapuhelin

Sähköposti

Sähkösuunnittelija

Nimi

Puhelin

Yritys

Matkapuhelin

Osoite

Telekopio

Sähköposti

**RAKENNUSPAIKKA**

Kaupunki/Kunta

Kaupungin osa

Kortteli/Kylä

Tontti/Tila RN:o

**RAKENNUSKOHDE****TEHTÄVÄN KESTO**

Tehtävä alkaa

Tehtävä päättyy

**TEHTÄVÄT JA VASTUU KOKONAISUUDESTA**

Suunnittelija vastaa tässä sopimuksessa ja sen liitteissä määriteltyjen tehtävien asianmukaisesta hoitamisesta.  
Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Hänellä tulee olla hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen sekä käytettävissään pätevä henkilöstö.

**Viitteet**

- Maankäyttö- ja rakennuslaki. Suomen säädöskokoelma 132/1999 (RT YM1-21222, LVI YM-00280)
- Maankäyttö- ja rakennusasetus. Suomen säädöskokoelma 895/1999 (RT YM1-21124, LVI YM-00215)
- Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, RakMK A2 (RT RakMK 21202, LVI RakMK-00234)

**VASTUUN LAAJUUS**

Suunnittelijan virhe- ja viivästysvastuu määräytyvät tämän sopimuksen ja kuluttajansuojalain ja konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen KSE 1995 mukaan.  
Sopimuksen ja sen liiteasiakirjojen määräyksillä ei kuitenkaan voida syrjäyttää kuluttajansuojalain pakottavia säännöksiä tilaajan hyväksi.

**Viitteet**

- Kuluttajansuojalaki. Suomen säädöskokoelma 38/1978 (RT KTM-21200, LVI KTM-00284)
- Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 1995 (RT 13-10574, LVI 03-10238)

**PALKKA JA PALKKIO**

Palkka tai palkkion perusteet määräytyvät esimerkiksi liitteenä olevan tehtäväluettelon arvioidun ajankäytön mukaisesti:

**Vaihtoehto A**

☐ **Palkka**

Palkka ei sisällä työnantajan sosiaalikuluja (sosiaaliturvamaksut, loma-ajan palkka ja lomarahaa sekä eläkemaksut), jotka tilaaja maksaa palkan sivukuluina so. kohteisiin.  
Kokonaispalkka/tuntipalkka

**Palkan maksuaikataulu**

Palkan maksuaikataulusta on sovittu seuraavaa:

**Vaihtoehto B**

☐ **Palkkio**

Palkkio yritystoimeksiantona sisältää sosiaali- ja yleiskulut.

Palkkio/tuntiveloitus	Arvonlisävero	%	Yhteensä

**Palkkion maksuerätaulukko**

Palkkion maksamisesta on sovittu seuraavaa:

**Maksuehto:**                      ☐ 14      ☐ 30      ☐ 7      päivää netto, viivästyskorko korkolain mukaisesti.

**LISÄTYÖN VELOITUSPERUSTEET**

Rakennushankkeen aikana tilattavista lisä- ja muutostöistä ja niiden erilliskorvauksen määrästä on sovittu seuraavaa:

**OIKEUS TIETOJEN LUOVUTTAMISEEN**

Tämän sopimuksen liitteenä oleva tehtäväluettelo voidaan antaa tarvittaessa rakennusvalvontaviranomaisen käyttöön.

Tätä sopimusta on tehty kaksi samasanaista kappaletta, yksi kummallekin sopijapuolelle.

Paikka ja päiväys

Rakennushankkeeseen ryhtyvät

Pientalohankkeen sähkösuunnittelija

**LIITTEET**☐

kpl

☐

Pientalohankkeen tehtäväluettelot (RT 10-10833, LVI 03-10380)

☐☐



**KNX-TOIMINTOKORTTI****Projekti:** Talo xxx**KNX-ohjaukset, työhuone****Piir.nro:****Lehti 1/1****Tyyppi:**

Tilan ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	työhuone
Yleinen ohjaus	<input type="checkbox"/>	
Rajapinta	<input type="checkbox"/>	

**Käyttö:**

Työhuoneen valaistus- ja lämmitysohjaukset

**Toimintaperiaatteet:**

Työhuoneen oven pielessä on painike, joka sisältää termostaatin ja näytön. Huoneen valaistusta voidaan ohjata painikkeista ja lisäksi lämmityksen asetusarvoja voidaan muuttaa ylemmistä napeista. Huoneen lämpötila ja lämpötilan asetusarvo näkyvät näytöllä. Lämpötilan asetusarvoja voidaan muuttaa ja valoja ohjata myös visualisoinnin kautta. Lämmitystä säädettyä jakotukilla sijaitseva lämmitysohjain ohjaa venttiilien toimilaitteiden asentoa. Lämpötilan perusasetusarvo on 21 astetta. Nappeihin ohjelmoidaan sekä lyhyet että pitkät painallukset, jolloin toimintoja saadaan enemmän.

**Toteutus:**

Työhuoneen kattovalopiste sisältää kaksi ohjattua ryhmää (kaksi vaihejohtinta).

Valo-ohjaukset

vasen ylänappi (lyhyt painallus): työhuoneen valot on/off (toggle)

vasen ylänappi (pitkä painallus): keittiön ruokapöydän kattovalo on/off (toggle)

oikea ylänappi (lyhyt painallus): eteisen kattovalot on/off (toggle)

oikea ylänappi (pitkä painallus): takkaspotti on/off (toggle)

vasen alanappi: eteisen seinävalo, lyhyt painallus on/off ja pitkä painallus himmentää

oikea alanappi: olohuoneen seinävalo, lyhyt painallus on/off ja pitkä painallus himmentää

Työhuoneen valojen ja lämmityksen ohjaus lisätään myös tilanteisiin kotona, poissa ja poissa pitkään, tällöin valot ja lämpötilat ohjautuvat tilanteen mukaan.

Työhuoneen pistorasioista osa on ohjattuja ja niistä katkaistaan virta poissa pitkään tilanteessa (R. 69).

## KNX-TOIMINTOKORTTI

**Projekti:** Talo xxx

**Ilmastointi**

**Piir.nro:**

**Lehti 1/1**

---

### Tyyppi:

Tilan ohjaus	<input type="checkbox"/>	Ilmastointi
Yleinen ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
Rajapinta	<input checked="" type="checkbox"/>	

### Käyttö:

Ilmastoinnin ohjaus KNX-järjestelmästä toteutetaan sopivaa rajapintaa käyttäen

### Toimintaperiaatteet:

KNX-järjestelmän kautta täytyy pystyä ohjaamaan ilmanvaihtokonetta joko portaattomasti tai tilanneohjauksilla (kotona, poissa, ylipaineistus, pois). Lisäksi järjestelmään voidaan ottaa indikointitietoja IV-koneesta, jos se on mahdollista.

### Toteutus:

Ilmastointikonetta voidaan ohjata visualisoinnin kautta päälle, pois, ylipaineistus tiloihin. Valittaessa takkatilanne visualisoinnista, ilmanvaihto menee ylipaineistus tilaan 10min ajaksi, jonka jälkeen se palaa normaali tilaan.  
Valittaessa poissa tilanne, ilmanvaihtokone menee poissa tilaan (tehoa lasketaan X %).  
Valittaessa kotona tilanne, ilmanvaihtokone menee kotona tilaan (teho X %).  
Palohälytystilanteessa ilmanvaihtokone ohjataan pois päältä.

## KNX-TOIMINTOKORTTI

**Projekti:** Talo xxx

**Jäähdytys**

**Piir.nro:**

**Lehti 1/1**

---

### Tyyppi:

Tilan ohjaus	<input type="checkbox"/>	Jäähdytys
Yleinen ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
Rajapinta	<input checked="" type="checkbox"/>	

### Käyttö:

Jäähdytys puhallinkonvektorilla KNX-järjestelmän ohjaamana

### Toimintaperiaatteet:

Toisessa kerroksessa on puhallinkonvektori. Puhallinkonvektoreita ohjataan ABB:n puhallinkonvektoriohjaimilla. Konvektoreiden puhallusnopeutta voidaan säätää kolmiportaisesti (0-1-2-3). Kun jäähdytys käynnistetään, aukeaa jäähdytyspiirin venttiilit ja pumppu käynnistyy.

### Toteutus:

Puhallinkonvektorille tulee oma sähkösyöttö ja konvektorilta ryhmäkeskukseen vedetään MMO-ohjauskaapeli (MMO 7x1,5) sekä venttiililtä MMJ 3x1,5S. Konvektorin KNX-ohjausyksikkö sijoitetaan ryhmäkeskukseen. Olohuoneen termostaatti säätelee jäähdytystä. Puhallinkonvektoria ohjataan visualisoinnin kautta. Olohuoneen, keittiön, takahuoneen ja yläkerran makuuhuoneen lämmityspiirit kytkeytyvät pois päältä jäähdytyksen ollessa aktiivinen.

## KNX-TOIMINTOKORTTI

**Projekti:** Talo xxx

**Lämmitys**

**Piir.nro:**

**Lehti 1/1**

---

### Tyyppi:

Tilan ohjaus	<input type="checkbox"/>	Lämmitys
Yleinen ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
Rajapinta	<input type="checkbox"/>	

### Käyttö:

Vesikiertoisen lattialämmityksen kiertopiirien venttiilien ohjaus KNX-järjestelmän avulla

### Toimintaperiaatteet:

Huonekohtaiset termostaatit ohjaavat tilan lämmityspiirin venttiiliä asetusarvojen mukaan. Venttiiliohjaus toteutetaan KNX-venttiiliohjaimella (24V AC).

### Toteutus:

Jakotukkien viereen sijoitetaan KNX-venttiiliohjain, johon kytketään LVI-toimituksessa olevat venttiilitoimilaitteet. Venttiiliohjaimelle on vedettävä KNX-väylä (KLMA 4x0,8) sekä 24V AC käyttöjännite.

Lämmitystä ohjataan huonetermostaateista sekä visuaalisen käyttöliitymän kautta.

Visuaaliseen käyttöliittymään ohjelmoidaan venttiilien tilatiedot (auki-kiinni).

Lämmityksen ohjaukset on sisällytetty kotona ja poissa pitkään tilanteisiin. Poissa pitkään tilanteessa lämmityksen asetusarvoja lasketaan X astetta.

## KNX-TOIMINTOKORTTI

**Projekti:** Talo xxx

**KNX-ohjaukset, palovaroitinjärjestelmä**

**Piir.nro:**

**Lehti 1/1**

---

### Tyyppi:

Tilan ohjaus	<input type="checkbox"/>	Palovaroitinjärjestelmä
Yleinen ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	
Rajapinta	<input type="checkbox"/>	

### Käyttö:

Palovaroitin järjestelmän integrointi knx-järjestelmään

### Toimintaperiaatteet:

Kohteessa on kaksi palovaroitinlinjaa, yksi yläkerrassa ja yksi alakerrassa. Kun linjan yksi palovaroitin alkaa hälyttää, alkavat muutkin ko. linjan varoittimet hälyttää. Molemmissa linjoissa on relekanta, jolla saadaan potentiaalivapaa tieto KNX-liityntäyksikköön (ABB US/U 2.2), jonka kautta hälytys siirtyy KNX-järjestelmään. Palohälytyksen tullessa kaikki talon valot ohjautuvat päälle ja ilmastointi ohjataan pois päältä. Hälytyksen tullessa lähetetään käyttäjälle sähköposti tai tekstiviesti visualisoinnin välityksellä, jossa on mainittu "Palohälytys yläkerrassa/alakerrassa".

### Toteutus:

Palovaroittimet on kaapeloitu MMJ 5x1,5S kaapelilla. Varoittimelle tulee siis 230V:n syöttö ja lisäksi yhdellä vaihe-johtimella (musta) suoritetaan palovaroitinten ketjutus.

Knx-linja (KLM 4x0,8) tuodaan vain yhdelle varoittimelle per kerros, johon knx-yksikkö asennetaan (kerroksen ensimmäinen varoitin).

Visualisointiin lisätään palohälytys-tilanne, johon yhdistetään koko talon valo-ohjaukset sekä ilmastoinnin ohjaus päälle ja pois.

# **KNX-järjestelmäselostus**

**(T860 KNX-väyläjärjestelmä)**

## **Talo XXXX**

**20.4.2016**

**Tekijät:**  
**Lasse Heunäsuo**  
**Tuomas Lahtela**

## Sisältö

1	T860 KNX-VÄYLÄJÄRJESTELMÄ	3
1.1	Yleiskuvaus	3
1.2	Toiminta	3
1.3	Tekniset vaatimukset	3
1.4	Suunnittelu ja dokumentointi	4
1.5	Asentaminen	5
1.6	Laadunvarmistus	5
1.7	Lisätietoja	6
2	T8601 Tiedonsiirtoyhteydet	6
2.1	Yleiskuvaus	6
2.2	Tekniset vaatimukset	6
2.3	Asentaminen	7
2.4	Laadunvarmistus	7
3	T8602 Kaapeloinnit	7
3.1	Yleiskuvaus	7
3.2	Tekniset vaatimukset	7
3.3	Suunnittelu ja dokumentointi	7
3.4	Asentaminen	8
3.5	Laadunvarmistus	8
4	T8603 Keskuslaitteet	8
4.1	Yleiskuvaus	8
4.2	Tekniset vaatimukset	8
4.3	Suunnittelu ja dokumentointi	9
4.4	Asentaminen	9
5	T8604 Kenttälaitteet	9
5.1	Yleiskuvaus	9
5.2	Toiminta	10
5.3	Tekniset vaatimukset	10
5.4	Suunnittelu ja dokumentointi	10
6	KNX-ohjausselostus, Talo XXXX	11

## **T8 AUTOMAATIO- JA MITTAUSJÄRJESTELMÄT**

### **1 T860 KNX-VÄYLÄJÄRJESTELMÄ**

#### **1.1 Yleiskuvaus**

KNX-väyläjärjestelmällä ohjataan ja säädetään kiinteistön sähkölaitteita, kuten valaistusta, lämmitystä ja jäähdytystä sääteleviä laitteita ja moottorikäyttöjä siten, että käyttäjän on mahdollista hallita ja ohjata toimintoja helppokäyttöisten ja monipuolisten säätöjen, liiketunnistimien ja muiden antureiden avulla. KNX-väyläjärjestelmän avulla saavutetaan lisäksi energiansäästöä säädettävyyden ja automaattisten ohjausten ansiosta sekä pyritään saavuttamaan rakennukselle asetetut energiatehokkuusvaatimukset. Tarkemmat ohjaus-, säätö- ja valvontatoimet on esitetty suunnittelijan laatimassa ohjelmointitaulukossa ja ohjelmointiohjeessa.

Järjestelmä koostuu väylästä, joka voidaan jakaa linjoihin. Tässä kohteessa on yksi linja. Järjestelmäkomponentteja ovat virtalähteet, anturit, vastaanottimet ja toimilaitteet.

#### **1.2 Toiminta**

KNX-väyläjärjestelmän tiedonsiirto perustuu hajautettuun ja tapahtumaohjattuun älyyn, jossa tieto siirtyy sanomina KNX-sertifioitua yhteysmediaa (langatonta tai langallista) käyttäen. Yhteysmedioita ovat parikaapeli, radiotaajuus, sähköverkko tai infrapunasignaalit. Tässä kohteessa yhteysmediaa käytetään parikaapelia. Sanomat välitetään kaikille järjestelmän laitteille samanaikaisesti. Järjestelmän avulla toteutetaan ohjaus-, valvonta-, säätö- ja mittaustoimintoja.

#### **1.3 Tekniset vaatimukset**

KNX-väyläjärjestelmään liitettävien laitteiden tulee olla rakenteeltaan ja toiminnoiltaan voimassa olevien säädösten, määräysten ja asetusten mukaisia. Asennuksissa on noudatettava EN 50090 -sarjan standardeja. Median ja protokollan osalta noudatetaan standardia EN 13321-1 ja KNXnet/IP:n osalta standardia EN 13321-2.

Väylä rakennetaan puun tai tähden muotoiseksi linjaksi – rengasta ei saa muodostua.



Järjestelmään liitettäviltä laitteilta edellytetyt EMC-vaatimukset (asennusympäristöstä riippuva häiriönsieto- ja häiriönpäästötaso) on määritelty standardeissa SFS-EN 50491-5-1, Yleiset vaatimukset, SFS-EN 50491-5-2, Koti- ja toimistoympäristö.

Järjestelmän laitteet saavat käyttäjännitteensä keskuksessa olevasta kuristimella varustetusta virtalähteestä 230 VAC / 29 VDC. Virtalähteet on maadoitettava.

Keskukseen, johon tulee KNX-laitteita, rakennetaan näille aina oma keskusosa, joka varustetaan virtalähteellä, linja-riviliittimillä ja tarvittavalla määrällä toimilaitteita kaavioiden mukaan.

Järjestelmä koostuu seuraavista pääosista:

- Keskuslaitteet:
  - virtalähde
  - valaistussäätimet
  - releyksiköt
  - puhallinkonvektoriohjain
  - KNX TCP/IP- rajapinta
  - muut toimilaitteet
- Kenttälaitteet:
  - mittausanturit ja -lähettimet
  - painikkeet väyläliityntäyksiköineen
  - liiketunnistimet
  - valoisuus- ja lämpötila-anturi
  - termostaatit ja muut huoneanturit
  - muut anturit
- Muut laitteet ja varusteet:
  - tiedonsiirtoverkko (kiinteistön sisällä)
  - tiedonsiirtolaitteet ulkopuolisia yhteyksiä varten (modeemit ja reitittimet + ohjelmat)
  - kenttälaitteiden vaatimat kaapeloinnit ja kytkentä-rasiat
  - visuaalinen etäkäyttöliittymä

#### 1.4 Suunnittelu ja dokumentointi

Järjestelmän laajuus ilmenee tämän selostuksen ohella asennuspiirustuksista ja keskuskaavioista sekä muista sopimusasiakirjoista. Suunnittelija laatii erillisen ohjelmointitaulukon ja toimintakuva-uksen.

Kaikki rakentamisaikana tapahtuneet muutokset viedään luovutusdokumentteihin. KNX-väyläjärjestelmän asennukset ja kytkennät dokumentoidaan siten, että järjestelmän käyttö, ylläpito ja käytönaikainen vianhaku onnistuvat tulevaisuudessa.

Dokumentit kootaan A4-kokoon taitettuina luovutuskansioiksi. Luovutusdokumenteihin merkitään teksti ”Luovutusdokumentti” ja päiväys. Luovutuskansioihin liitetään säätöpiirien virityspöytäkirjat sekä asennettujen laitteiden laite-esitteet. Vain toiseen luovutuskansioon lisätään vastaanottohetkeä vastaava varmuuskopio ETS-tietokannasta ja visualisoinnin ohjelmatietokannasta muistitikulla. Luovutusdokumentteihin sisällytetään suomenkieliset ohjeet järjestelmän käytöstä ja tarvittavista varmistus- ja palautustoimenpiteistä. Yksittäisten komponenttien käyttöohjeiden kääntäminen ei ole välttämätöntä, vaan niistä riittää englanninkieliset käyttöohjeet, mikäli suomenkielisiä ei ole saatavilla.

Luovutuskansioita toimitetaan 2 kpl, toinen käyttökohteeseen ja toinen tilaajan arkistoitavaksi. Kansioiden rakenne (sisällysluettelo) hyväksytetään tilaajalla ennen kansioiden kokoamista.

## 1.5 Asentaminen

Kaikki KNX-laitteet ja -kojeet merkitään välittömästi, kun ne on asennettu paikoilleen. Merkinnoista on selvittävä kojeesta piirustuksissa käytetty tunnus tai fyysinen osoite.

Laitteiden ja kytkentärasioiden väliset johdot merkitään molemmista päistään käyttäen siihen tarkoitukseen sopivia merkintätarvikkeita. Merkintöjen tulee ilmetä vastaavissa kytkentä- ja asennuspiirustuksissa. Merkinnoista on selvittävä käytetty järjestelmä, sekä mistä ja minne kaapeli kulkee (esim. KNX-JK11-painikkeet).

KNX-järjestelmän ja visuaalisen käyttöliittymän ohjelmointi kuuluu sähköurakkaan.

Järjestelmän ohjelmoijalla ja käyttöönottajalla tulee olla pätevyys KNX-järjestelmien ohjelmointiin. Pätevyyden voi osoittaa esimerkiksi KNX-järjestön Partner-sertifikaatilla tai muulla vastaavalla tavalla.

## 1.6 Laadunvarmistus

Järjestelmälle suoritetaan toimintakokeet ennen vastaanottotarkastusta, jossa järjestelmän ja laitteiden toiminta testataan tilaajan edustajan läsnä ollessa. Toimintakokeesta laaditaan pöytäkirja. Pöytäkirjoina käytetään ST-kortiston mukaisia ST 730.0x -sarjan pöytäkirjoja tai muita vastaavia.

## 1.7 Lisätietoja

KNX-väyläjärjestelmän takuuajan huolto sisältää järjestelmässä takuuajana havaittujen, sopimuksesta poikkeavien laadullisten tai toiminnallisten puutteiden, järjestelmä- ja laitevikojen sekä ohjelmavirheiden korjaukset ja niiden dokumentoinnin. Urakkaan sisällytetään kaksi mahdollista ohjelmanmuutost kertaa kahden vuoden sisällä käyttöönotosta, jolloin tehdään asiakkaan haluamat pienet ohjausmuutokset (esim. painikkeiden toimintojen muutokset yms.). Takuuajan päättyessä tilaajalle luovutetaan lopullista rakennuksessa toimivaa järjestelmää vastaava varmuuskopio ETS-tietokannasta/-tietokannoista muistitikulla.

## 2 T8601 Tiedonsiirtoyhteydet

### 2.1 Yleiskuvaus

Urakoitsijan on huomioitava kaikki laitteet, kalusteet ja varusteet, jotka tarvitaan KNX-väyläjärjestelmän tiedonsiirtoverkon muodostamisessa.

Tiedonsiirtoon käytetään KNX-väylää ja ohjelmointiin TCP/IP-rajapintaa tai USB-rajapintaa.

Kohteeseen toteutetaan visuaalinen etäkäyttöliittymä KNX-järjestelmän ohjaukseen.

Etäkäyttöyhteydet toteutetaan suojatun internetyhteyden kautta (esim. VPN).

Tiedonsiirtoyhteyksillä tarkoitetaan tässä KNX-väyläjärjestelmän sisäisiä, ulkoisia ja etäkäyttöyhteyksiä.

Liitännöissä ulkoisiin järjestelmiin KNX-järjestelmän ohjelmoija toimittaa KNX-topologian mukaisen fyysisen osoitteen sekä kommunikoidessa käytettävät ryhmäosoitteet selityksineen ulkopuolisten järjestelmien ohjelmoijille.

Etäkäyttöyhteyksillä tarkoitetaan kohteen ulkopuolelta järjestelmän etähallintaan käytettäviä yhteyksiä. Julkisessa verkossa tapahtuvan tiedonsiirron tulee olla salattua.

### 2.2 Tekniset vaatimukset

Tiedonsiirtoyhteydet suojataan siten, että yhteyteen käytettävässä runkokaapelissa mahdollisesti esiintyvistä ulkoisista häiriöistä ei aiheudu vahinkoja järjestelmän laitteille eikä toiminnalle.

## 2.3 Asentaminen

Urakoitsijan vastuulla on antaa tilaajalle riittävät tiedot sopivan Internet-liittymän hankintaan etäkäyttöliittymää varten. Urakoitsija selvittää kyseisen etäkäyttöliittymän vaatimukset Internet-liittymältä. Ethernet-reitittimen konfigurointi kuuluu KNX-järjestelmän käyttöönottajän urakkaan.

## 2.4 Laadunvarmistus

Ennen laitteiden kytkemistä tiedonsiirtoverkkoon tulee verkko mitata ja dokumentoida kohdan T860, Laadunvarmistus, mukaisesti.

# 3 T8602 Kaapeloinnit

## 3.1 Yleiskuvaus

Kaapeloinnit on esitetty asennuspiirustuksissa sekä pääkaavioissa.

## 3.2 Tekniset vaatimukset

Käytettävät kaapelityypit on esitetty asennuspiirustuksissa ja pääkaaviossa.

Väyläkaapelina voidaan käyttää KNX-sertifioitua- tai vastaavaa kaapelia, esim. YCYM 2x2x0,8.

## 3.3 Suunnittelu ja dokumentointi

Työnaikaisista muutoksista kaapeloinneissa on tehtävä punakynämuutokset tasopiirustuksiin, jotka toimitetaan suunnittelijalle.

### 3.4 Asentaminen

Tiedonsiirtoverkko rakennetaan järjestelmä- ja kaapelointikaavioiden mukaisesti. Kaapeloinnin asentavan urakoitsijan tulee ennen asennusta varmistaa, että tarvittavat johtotiet ja asennusreitit ovat käytettävissä ja että tiedonsiirtokaapelit voidaan niille asianmukaisesti asentaa.

Asentaminen tulee tehdä kohdassa T860, Tekniset vaatimukset, esitettyjen standardien mukaisesti. Lisäksi on huomioitava, että kuoritun KNX-väyläkaapelin ja kuoritun vahvavirtakaapelin (230 V) eristettyjen johtimien välisen etäisyyden tulee olla vähintään 4 mm.

Merkinnät tehdään kohdan T860, Asentaminen, mukaisesti.

### 3.5 Laadunvarmistus

Ennen käyttöönottoa varmistetaan kaapeloinnin liitokset ja yhteydet mittaamalla väylän jatkuvuus yleismittarilla. Lisäksi jokaisen haaran viimeisen laitteen jännitetaso mitataan, jotta varmistetaan sanomien perille meno ja väylän toimivuus. Mittaustulokset kirjataan pöytäkirjaan.

## 4 T8603 Keskuslaitteet

### 4.1 Yleiskuvaus

Keskuskomponentit on esitetty pääkaavioissa.

### 4.2 Tekniset vaatimukset

Ilmanvaihtokoneen ohjaukseen on hankittava sopiva rajapinta, jolla ohjaus KNX-järjestelmän kautta voidaan toteuttaa. Rajapinnan hankinta kuuluu IV-urakkaan. Sähköurakoitsija varmistaa IV-urakoitsijalta riittävän kaapeloinnin sähkökeskuksen ja IV-koneen välille, jotta ohjaus on mahdollista.

### 4.3 Suunnittelu ja dokumentointi

Keskuslaitteiden merkinnässä noudatetaan seuraavaa EN 81346 -standardiin pohjautuvaa merkin-  
täohjetta sekä korttia ST 51.25. Esimerkiksi tunnus "JKxx.AK1" tarkoittaa keskuksen JKxx ensim-  
mäistä kytkinyksikköä.

- AU virtalähteet
- AX USB-portti ja muut ulkoisten laitteiden liitäntäpisteet
- AZ alue- ja linjayhdistimet sekä rajapinnat, "Gatewayt"
- AK binäärilähdöt ja releyksiköt, verho-ohjaimet
- AP binääritulot, valvontalaitteet
- AB sääasemat ja muut vastaavat tulot ja anturit
- AN analogiatulot ja -lähdöt
- AE valonsäätimet, Dali-, DSI- ja 1–10 V -säätimet
- AD logiikkayksikkö ja muut vastaavat

### 4.4 Asentaminen

Keskuslaitteet asennetaan keskuksen rakennepiirustuksen mukaisille paikoille ja johdotetaan piiri-  
kaavion mukaan. KNX-väylä johdotetaan keskuksen sisällä 2x2x0,8 kaapelilla.

## 5 T8604 Kenttälaitteet

### 5.1 Yleiskuvaus

Kenttälaitteita ovat KNX-väyläjärjestelmään liitettävät, erilaisia suureita mittaavat anturit ja lähetti-  
met, valaistusohjaukseen tarkoitetut kytkimet, IR-ilmaisimet, liike- ja läsnä-olotunnistimet ja putkis-  
toon asennettavat, toimilaitteella varustetut säätöventtiilit sekä sääasemat.

## 5.2 Toiminta

Kenttälaitteet tuottavat kohteen olosuhteista kiinteistön käytön tarvitseman informaation ja niiden välityksellä ohjataan toimintoja siten, että haluttu toiminnallinen lopputulos saavutetaan optimaalisin käyttökustannuksin.

Kenttälaitteilla toteutettavat toiminnot on kuvattu suunnitelma-asiakirjoissa (toimintakuvaus, ohjelmointitaulukko).

## 5.3 Tekniset vaatimukset

Kenttälaitteiden tulee olla materiaaliltaan, koteloinniltaan, pintakäsittelyltään, kiinnitykseltään ja suojausluokaltaan asennuspaikkaansa soveltuvia.

## 5.4 Suunnittelu ja dokumentointi

Kenttälaitteiden merkinnässä noudatetaan seuraavaa EN 81346 -standardiin pohjautuvaa merkintäohjetta (alue.linja \_ tunnus \_ kerrosnumero + juoksevanumero). Esimerkiksi tunnus "1.1AS201" tarkoittaa alueen 1 linjan 1 kytkintä, joka sijaitsee 2. kerroksessa ja joka on kerroksen ensimmäinen kytkin "01".

- AJ liike- ja läsnäolotunnistimet
- AM kosketusnäytöt
- AS kytkinlaitteet
- AT termostaatit, anturit, mittalaitteet
- AV venttiilit ja toimilaitteet

## 6 KNX-ohjausselostus, Talo XXXX

Kohteen KNX-järjestelmään liitettäviä järjestelmiä ovat valaistuksenohjausjärjestelmä, lämmitysjärjestelmä, palovaroitinjärjestelmä, murtohälytysjärjestelmä, jäähdytysjärjestelmä, Ilmanvaihtojärjestelmä ja kosteusvalvontajärjestelmä.

### Valaistusohjaus

Valaistusohjaus tapahtuu KNX-painikkeiden ja visuaalisen käyttöliittymän kautta. Suurin osa valoryhmistä on releohjattuja (on/off). Osaa valoista voidaan myös himmentää. Ohjausryhmät käyvät ilmi ryhmäkeskuksen pääkaaviosta. Nappien ohjausryhmät on esitetty KNX-toimintokorteissa.

### Lämmityksenohjaus

Lämmitysjärjestelmää säädetään termostaattien ja visualisoinnin kautta. Huonelämpötilan perusasetusarvona on 21 astetta. Hysteesi-arvona käytetään +/-1,5 astetta.

### Palovaroitinjärjestelmä

Palovaroitinjärjestelmä liitetään KNX-järjestelmään input-yksiköiden avulla, jolloin hälytystieto saadaan KNX-järjestelmän kautta visualisointiin ja käyttäjän älypuheliin (push-viestinä). Yläkerrasta on tultava oma hälytyksensä ja alakerrasta omansa (yhteensä kaksi hälytystä).

### Jäähdytysjärjestelmä

Kohteen jäähdytys toteutetaan puhallinkonvektorilla, joka on liitetty KNX-järjestelmään sopivan rajapinnan kautta (esim. ABB:n konvektoriohjain). Laitteen ja rajapinnan hankinta kuuluu LVI-urakkaan. Laitetta hankittaessa on otettava huomioon, että esim. ABB:n ohjaimella voidaan korvata vain 230V-käyttöjännitteinen huoneohjausyksikkö, joka yleensä tulee konvektorin mukana. Jäähdytysjärjestelmää ohjataan visualisoinnin kautta. Jäähdytys ei saa missään tapauksessa ”kilpaila” lämmityksen kanssa eli lämmitysjärjestelmä on deaktivoitava jäähdytettävistä tiloista.



## Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtokone tulee liittää KNX-järjestelmään (sopiva yhdyskäytävä). Laite ja yhdyskäytävä kuuluvat LVI-urakkaan. Ilmanvaihtokonetta on pystyttävä ohjaamaan päälle ja pois sekä vähintään kotona/poissa-tilanteisiin. Ilmanvaihtokoneelta voidaan ottaa myös indikointitietoja KNX-järjestelmään.

## Kosteusvalvontajärjestelmä

Kosteusvalvonta kohteessa toteutetaan esim. ABB:n kosteusvalvontajärjestelmää hyödyntäen. Ko. järjestelmä liitetään KNX:ään input-yksiköiden avulla (jokaiselta valvottavalta kohteelta oma hälytys). KNX-järjestelmän kautta hälytys siirtyy visualisointiin ja käyttäjän älypuhelimien näytölle (push-viestinä).

## Painikeohjaukset

Painikeohjaukset on esitetty huonekohtaisissa KNX-toimintokorteissa. Painikkeiden ledien värinä käytetään valkoista.

Termostaattipainikkeiden näytöillä näkyy normaalitilassa ko. huoneen lämpötila, aika ja päivämäärä. Näyttöihin voidaan lisätä muistakin tilatietoja ja hälytyksiä.

## Visuaalinen käyttöliittymä

Visuaalinen käyttöliittymä toteutetaan esim. Gira Homeserverin avulla. Pääohjaustapoina kohteessa käytetään lpadejä (3kpl).

Käyttöliittymä pitää sisällään:

- paikallisohtauksia (lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus, pistorasiat)
- tilanneohjauksia (kotona, poissa, poissa pitkään)
- tilatietoja/hälytyksiä (valaistus, lämmitys, kosteus, palovaroitin)
- mittausarvoja (ulkolämpötila, sisälämpötilat huoneissa, valoisuus ulkona)
- aikaohjelmat (ulkovalojen ohjaus, ilmanvaihdon ohjaus)
- murtohälytykset (liiketunnistimet, ovimagneetit)
- valvontakamerat

Käyttäjänäkymä sisältää toiminnot eri tilojen mukaan jaoteltuna sekä toimintokohtaisesti jaoteltuna. Lisäksi luodaan useampi käyttäjäkohtainen ohjausnäkymä ja käyttöoikeudet. Ohjauksiin sisällytetään myös kotona-poissa-poissa pitkään ohjaukset, jolloin:

#### KOTONA:

Kaikki laitteet ovat käytettävissä (sähköt kaikissa pistorasioissa)

murtohälytys on pois päältä

kosteus- ja palohälytykset ovat aktiivisia

Ilmastointi on normaalitilassa

#### POISSA

Sähköt poistetaan kaikilta muilta ohjattavilta pistorasiaryhmiltä, paitsi TV-pistorasiaryhmiltä

murtohälytykset ovat päällä

kosteus- ja palohälytykset ovat aktiivisia

kaikki valot sammuvat

Ilmastointi ohjataan poissa-tilaan

#### POISSA PITKÄÄN

Sähköt poistetaan kaikilta ohjattavilta pistorasiaryhmiltä

murtohälytykset ovat päällä

kosteus- ja palohälytykset ovat aktiivisia

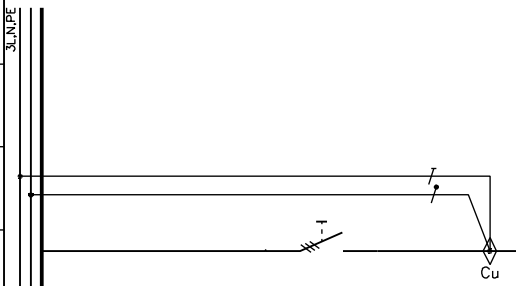
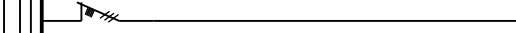
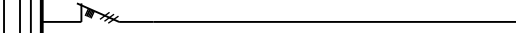
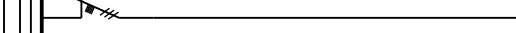
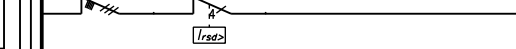
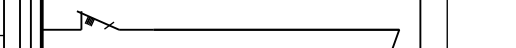

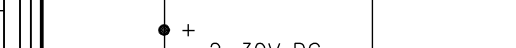



kaikki valot sammuvat

Ilmastointi ohjataan poissa-tilaan

Visuaaliseen käyttöliittymään liitettävät toiminnot on käytävä vielä lävitse tilaajan kanssa, ennen varsinaista ohjelmointia.

SÄHKÖTEKNISET TIEDOT :	1. NIMELLISJÄNNITE / –VIRTA / –TAAJUUS . . . . .	400 V	63 A	50 Hz
	2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS . . . . .	6 kA		
	3. TASATTU– / ASENNETTU TEHO / COSFII . . . . .	kW	kW	cosfii
	4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> EI	<input type="checkbox"/> ON	JÄNNITE ____V VIRTA ____A
	5. AC–KISKOT TAI JOHTIMET . . . . .	<input type="checkbox"/> L1,N	<input type="checkbox"/> L1,N,PE	<input type="checkbox"/> L1,L2,L3,N <input type="checkbox"/> L1,L2,L3,N,PE
RAKENNETIEDOT :	1. KESKUSLAJI . . . . .	<input type="checkbox"/> KENNO	<input type="checkbox"/> KOTELO	<input type="checkbox"/> KEHIKKO
	2. ASENNUSTAPA . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> PINTA	<input type="checkbox"/> UPPO	KOTEL. LUOKKA IP ____
	3. KIINNITYS . . . . .	<input type="checkbox"/> LATTIA	<input checked="" type="checkbox"/> SEINÄ	
	4. OVILAITE . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> LUKKO	<input type="checkbox"/> SALPA	
	5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVYT . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> AVOIN	<input type="checkbox"/> PALONKESTÄVÄ	
	6. MAALAUUS . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> VAKIO	<input type="checkbox"/> ERIKOIS	
	7. MITAT . . . . .	Noin KORKEUS : 2000 LEV. : 1200 SYV. : 200		
KALUSTUSTIEDOT :	1. KALUSTUSTYYPPI . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> KIINTEÄ	<input type="checkbox"/> ULOSV.	<input type="checkbox"/> ULOSOT.
	2. KALUSTUSTAPA . . . . .	<input type="checkbox"/> YKSIKKÖ	<input type="checkbox"/> KESKITETTY	
	3. MERKKILAMPUT . . . . .	<input type="checkbox"/> HEHKU	<input type="checkbox"/> HOHTO	<input type="checkbox"/> LEDI
	4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA . . . . .	<input type="checkbox"/> SÄHKÖLAITOS	<input type="checkbox"/> VALMISTAJA	
KAAPELOINTI :	1. SYÖTTÖKAAPELI . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/> ALHAALTA	
	2. PÄÄKAAPELIT . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/> ALHAALTA	<input type="checkbox"/> KOJEISIIN <input type="checkbox"/> RIVIL.
	3. OHJAUSKAAPELIT . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/> ALHAALTA	<input type="checkbox"/> KOJEISIIN <input type="checkbox"/> RIVIL.
TUNNUSMERKINNÄT :	1. TUNNUSKILVET . . . . .	<input checked="" type="checkbox"/> VALM.NORM.	<input type="checkbox"/> ERILL.OHJE	
	2. KOJEMERKINNÄT . . . . .	<input type="checkbox"/> JUOKSEVA	<input type="checkbox"/> KENNOKOHT.	<input checked="" type="checkbox"/> ERILL.OHJE
MUUT TIEDOT :				

		Pääkaavio Ryhmäkeskus RK	Suunn. TL/LH / 25.2.2016	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
			Piirt.	Lehti 1 / 15	Piirustusnumero	
			Tark.		SÄH	

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
D muutos	E muutos	F muutos	KESKUS		RYHMÄ	OSOITE		TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.																	
																													
						Nousukaapeli pääkeskukselta			MCMK 4x16+16																				
						Pääsulakkeet PK:ssa 3x35A																							
					1	1: Kiuas			2x MMJ 5x2,5S	14,4	C25																		
					2	1: Maalämpöpumppu			MMJ 5x2,5S		C16																		
					3	1: Maalämpöpumpun lämm.patt.			MMJ 5x2,5S		C16																		
					4	1: Puuvajan 3-vaihe pistorasia			MMJ 5x2,5S		C16																		
					99	KNX-virtalähteen syöttö					C6																		
					99	GIRA HS pistorasia			MMJ 3x2,5S																				
																													
																													
																													
																													











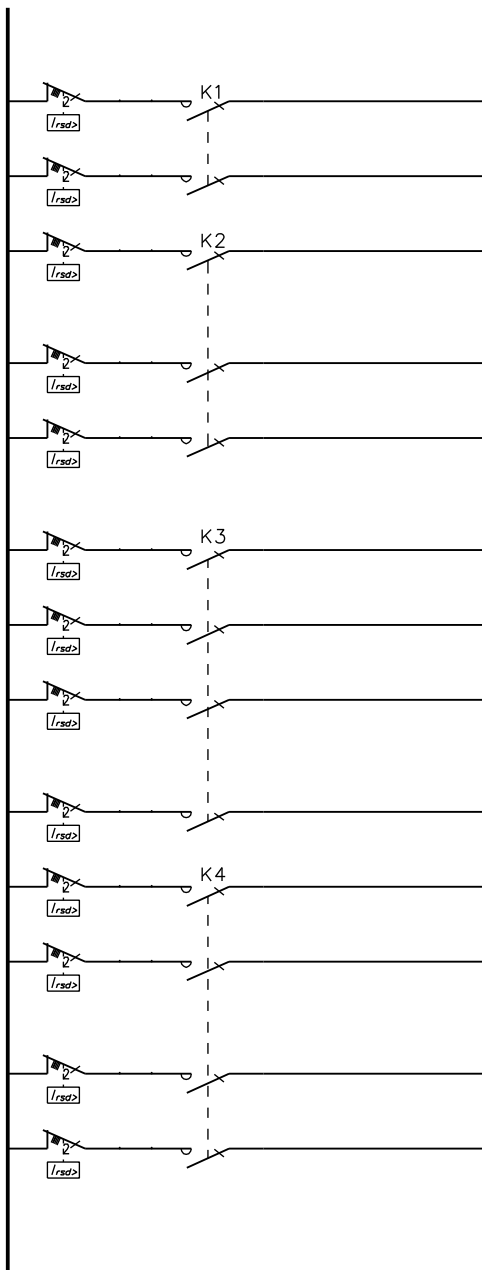












		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
D muutos	E muutos	F muutos	A	KESKUS										RYHMÄ	OSOITE					TUNNUS	JOHDOTUS		kVA/kW	A / A		HUOM.		A	
			B																									B	
			C											34	1: Pistorasiat, varasto ja tekn.tila						MMJ 3x2,5S			C16				C	
			D											35	1: Pistorasiat, puuvaja						MMJ 3x2,5S			C16				D	
			E											36	1: Pistorasiat, ulko (alakerta)						MMJ 3x2,5S			C16				E	
			F											37	1: Pistorasiat, ulko (alakerta)						MMJ 3x2,5S			C16				F	
			G											38	2: Pistorasiat, ulko (julkisivu)						MMJ 3x2,5S			C16				G	
			H											39	1: Pistorasiat, KHH,WC						MMJ 3x2,5S			C16				H	
			J											40	1: Pistorasiat, Monitoimihuone, KHH						MMJ 3x2,5S			C16				J	
			K											41	1: Pistorasiat, takkah.						MMJ 3x2,5S			C16				K	
			L																									L	
A muutos	B muutos	C muutos	M											42	1: Pistorasiat, MH11,5; TAKKAH.; SPA						MMJ 3x2,5S			C16				M	
			N											43	1: Pistorasiat, tekniikkakouru						MMJ 3x2,5S			C16				N	
			O																									O	
			P											45	1: Pistorasiat, tv-ryhmät MH9,5 ; MH13						MMJ 3x2,5S			C16				P	
			R											46	1: Pistorasiat, tv MH11,5 ; TAKKAH.						MMJ 3x2,5S			C16				R	
			S																									S	
														Pääkaavio Ryhmäkeskus RK					Suunn. TL/LH /25.2.2016		Kokonaisuus		Sähköpositio		Työnumero				
																			Piirt.		Lehti 12 / 15		Päristusnumero						
																			Tark.				SÄH						

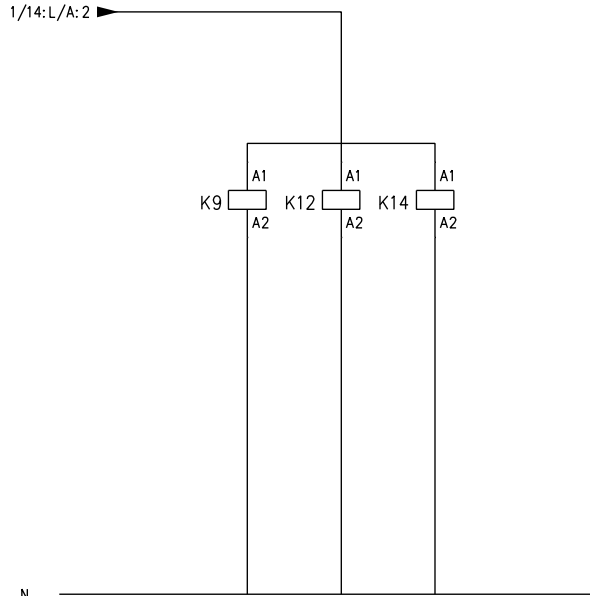
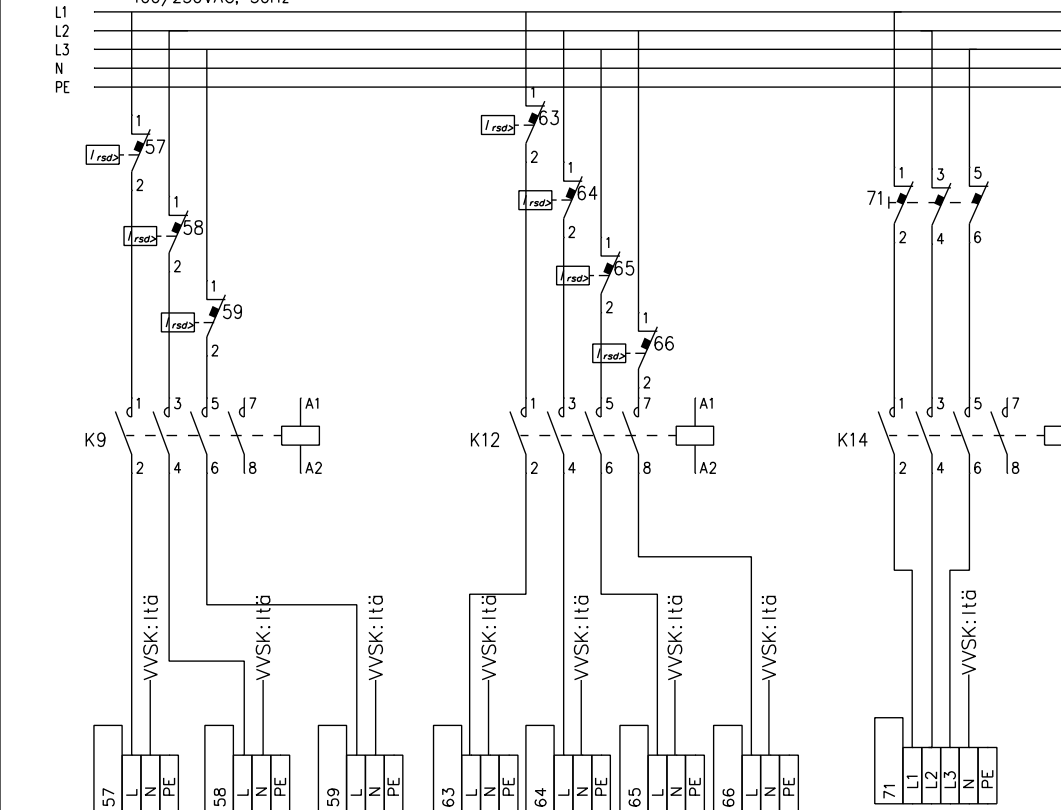
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
D muutos	E muutos	F muutos	A	KESKUS		RYHMÄ	OSOITE		TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A															
			B			47	2: Pistorasiat, tv TYÖH; MH13,5, ullakko(reititin)			2x MMJ 3x2,5S		C16		B															
			C			48	1: Pistorasiat, tekniikkakouru			MMJ 3x2,5S		C16		C															
			D			49	2: Pistorasiat, tv OH			MMJ 3x2,5S		C16		D															
			E			50	1: Pistorasiat, kaiutin TAKKAH.			MMJ 3x2,5S		C16		E															
			F											F															
			G			51	1: Pyykinpesukone			MMJ 3x2,5S		C16		G															
			H			52	1: Kuivausrumpu			MMJ 3x2,5S		C16		H															
			J			53	2: Astianpesukone			MMJ 3x2,5S		C16		J															
			K			54	2: Mikroaaltouuni			MMJ 3x2,5S		C16		K															
A muutos	B muutos	C muutos	L			55	1: Pistorasiat, terassilämmitys (varaus)			MMJ 3x2,5S		C16		L															
			M			56	2: Pistorasiat, parvekelämmitys (varaus)			MMJ 3x2,5S		C16		M															
			N			57	2: Pistorasia, liesituuletin			MMJ 3x2,5S		C16		N															
			O			58	2: Pistorasia, uuni			MMJ 3x2,5S		C16		O															
			P			59	2: Pistorasia, keittiö mikroaaltouuni (varaus)			MMJ 3x2,5S		C16		P															
			R			60	Pistorasiat, LVV ja paineenkorotuspumppu			MMJ 3x2,5S		C16		R															
			S			61	Sulanapito, varaston portaat			MMJ 3x2,5S		C16		S															
										Suunn. TL/LH/25.2.2016	Kokonaisuus		Sähköpositio	Työnumero															
										Piirt.	Lehti 13/15	Päristusnumero																	
										Tark.	SÄH																		

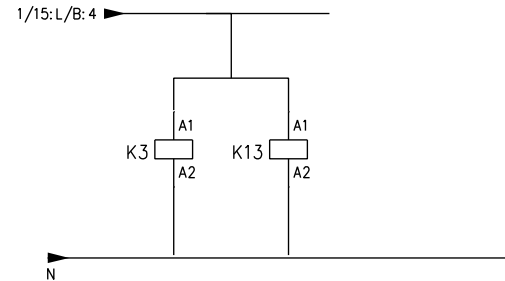
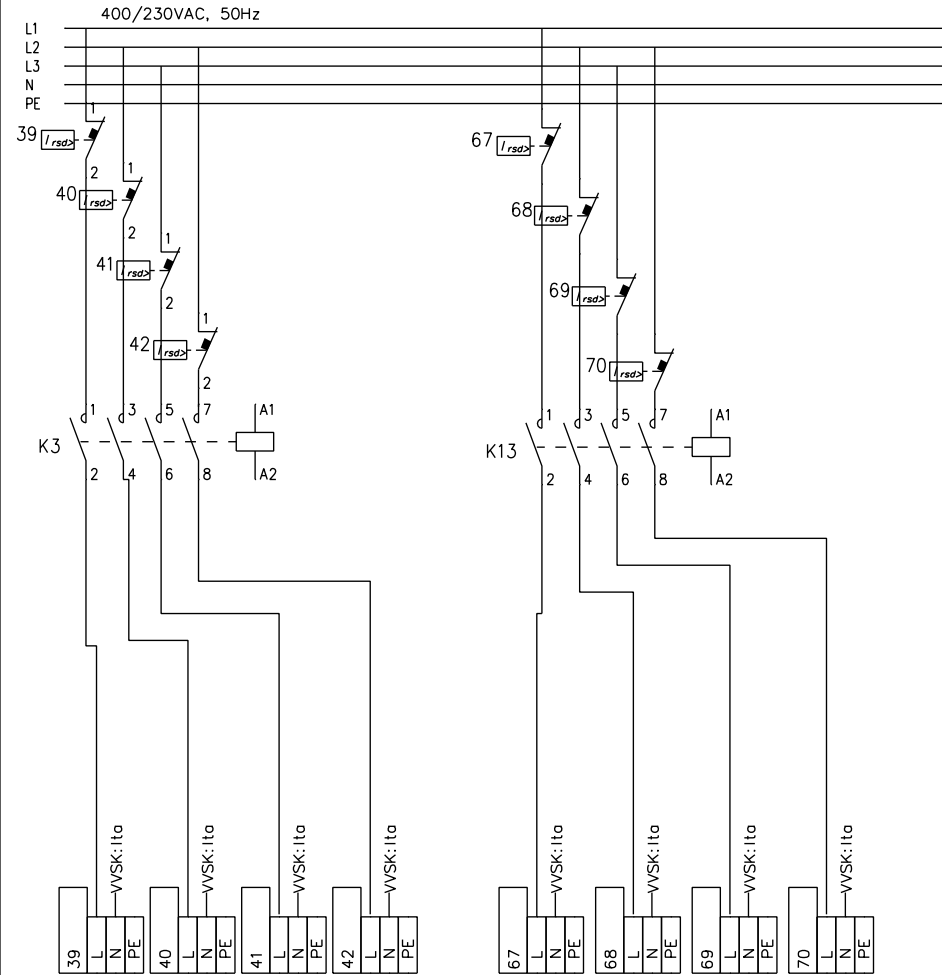
		25.2.2016																																				
		Pääkaavo-muutelu																																				
		RK																																				
		A muutos																																				
		B muutos																																				
		C muutos																																				
		D muutos																																				
		E muutos																																				
		F muutos																																				
		G muutos																																				
		H muutos																																				
		J muutos																																				
		K muutos																																				
		L muutos																																				
		M muutos																																				
		N muutos																																				
		O muutos																																				
		P muutos																																				
		R muutos																																				
		S muutos																																				
		T muutos																																				
		U muutos																																				
		V muutos																																				
		W muutos																																				
		X muutos																																				
		Y muutos																																				
		Z muutos																																				
		AA muutos																																				
		AB muutos																																				
		AC muutos																																				
		AD muutos																																				
		AE muutos																																				
		AF muutos																																				
		AG muutos																																				
		AH muutos																																				
		AI muutos																																				
		AJ muutos																																				
		AK muutos																																				
		AL muutos																																				
		AM muutos																																				
		AN muutos																																				
		AO muutos																																				
		AP muutos																																				
		AQ muutos																																				
		AR muutos																																				
		AS muutos																																				
		AT muutos																																				
		AU muutos																																				
		AV muutos																																				
		AW muutos																																				
		AX muutos																																				
		AY muutos																																				
		AZ muutos																																				
		BA muutos																																				
		BB muutos																																				
		BC muutos																																				
		BD muutos																																				
		BE muutos																																				
		BF muutos																																				
		BG muutos																																				
		BH muutos																																				
		BI muutos																																				
		BJ muutos																																				
		BK muutos																																				
		BL muutos																																				
		BM muutos																																				
		BN muutos																																				
		BO muutos																																				
		BP muutos																																				
		BQ muutos																																				
		BR muutos																																				
		BS muutos																																				
		BT muutos																																				
		BU muutos																																				
		BV muutos																																				
		BW muutos																																				
		BX muutos																																				
		BY muutos																																				
		BZ muutos																																				
		CA muutos																																				
		CB muutos																																				
		CC muutos																																				
		CD muutos																																				
		CE muutos																																				
		CF muutos																																				
		CG muutos																																				
		CH muutos																																				
		CI muutos																																				
		CJ muutos																																				
		CK muutos																																				
		CL muutos																																				
		CM muutos																																				
		CN muutos																																				
		CO muutos																																				
		CP muutos																																				
		CQ muutos																																				
		CR muutos																																				
		CS muutos																																				
		CT muutos																																				
		CU muutos																																				
		CV muutos																																				
		CW muutos																																				
		CX muutos																																				
		CY muutos																																				
		CZ muutos																																				
		DA muutos																																				
		DB muutos																																				
		DC muutos																																				
		DD muutos																																				
		DE muutos																																				
		DF muutos																																				
		DG muutos																																				
		DH muutos																																				
		DI muutos																																				
		DJ muutos																																				
		DK muutos																																				
		DL muutos																																				
		DM muutos																																				
		DN muutos																																				
		DO muutos																																				
		DP muutos																																				
		DQ muutos																																				
		DR muutos																																				
		DS muutos																																				
		DT muutos																																				
		DU muutos																																				
		DV muutos																																				
		DW muutos																																				
		DX muutos																																				
		DY muutos																																				
		DZ muutos																																				
		EA muutos																																				
		EB muutos																																				
		EC muutos																																				
		ED muutos																																				
		EE muutos																																				
		EF muutos																																				
		EG muutos																																				
		EH muutos																																				
		EI muutos																																				
		EJ muutos																																				
		EK muutos																																				
		EL muutos																																				
		EM muutos																																				
		EN muutos																																				
		EO muutos																																				
		EP muutos																																				
		EQ muutos																																				
		ER muutos																																				
		ES muutos																																				
		ET muutos																																				
		EU muutos																																				
		EV muutos																																				
		EW muutos																																				
		EX muutos																																				
		EY muutos																																				
		EZ muutos																																				
		FA muutos																																				
		FB muutos																																				
		FC muutos																																				
		FD muutos																																				
		FE muutos																																				
		FF muutos																																				
		FG muutos																																				
		FH muutos																																				
		FI muutos																																				
		FJ muutos																																				
		FK muutos																																				
		FL muutos																																				
		FM muutos																																				
		FN muutos																																				
		FO muutos																																				
		FP muutos																																				
		FQ muutos																																				
		FR muutos																																				
		FS muutos																																				
		FT muutos																																				
		FU muutos																																				
		FV muutos																																				
		FW muutos																																				
		FX muutos																																				
		FY muutos																																				
		FZ muutos																																				
		GA muutos																																				
		GB muutos																																				
		GC muutos																																				
		GD muutos																																				
		GE muutos																																				
		GF muutos																																				
		GG muutos																																				
		GH muutos																																				
		GI muutos																																				
		GJ muutos																																				
		GK muutos																																				
		GL muutos																																				
		GM muutos																																				
		GN muutos																																				
		GO muutos																																				
		GP muutos																																				
		GQ muutos																																				
		GR muutos																																				
		GS muutos																																				
		GT muutos																																				
		GU muutos																																				
		GV muutos																																				
		GW muutos																																				
		GX muutos																																				
		GY muutos																																				
		GZ muutos																																				
		HA muutos																																				
		HB muutos																																				
		HC muutos																																				
		HD muutos																																				
		HE muutos																																				
		HF muutos																																				
		HG muutos																																				
		HH muutos																																				
		HI muutos																																				
		HJ muutos																																				
		HK muutos																																				
		HL muutos																																				
		HM muutos																																				
		HN muutos																																				
		HO muutos																																				
		HP muutos																																				
		HQ muutos																																				
		HR muutos																																				
		HS muutos																																				
		HT muutos																																				
		HU muutos																																				
		HV muutos																																				
		HW muutos																																				
		HX muutos																																				
		HY muutos																																				
		HZ muutos																																				
		IA muutos																																				
		IB muutos																																				
		IC muutos																																				
		ID muutos																																				
		IE muutos																																				
		IF muutos																																				
		IG muutos																																				
		IH muutos																																				
		II muutos																																				
		IJ muutos																																				
		IK muutos																																				
		IL muutos																																				
		IM muutos																																				
		IN muutos																																				
		IO muutos																																				
		IP muutos																																				
		IQ muutos																																				
		IR muutos																																				
		IS muutos																																				
		IT muutos																																				
		IU muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				
		IV muutos																																				



25.2.2016																																						
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37										
D muutos	E muutos	F muutos	A	KESKUS					RYHMÄ	OSOITE					TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.	A																		
			B																	B																		
C	74	1 ja 2: Ipad telakan syöttö									MMJ 3x2,5S			C16		C																						
D			75	1: Valaistus, tekn.tila ja puuvarasto							MMJ 3x1,5S			C10		D																						
E			76	2: Pistorasia, jääkaappi							MMJ 3x2,5S			C16		E																						
F			77	2: Pistorasia, pakastin							MMJ 3x2,5S			C16		F																						
G			78	230/24V AC muuntaja (syötöt jakotukeille)							2x MMJ 3x2,5S			C16		G																						
H			79	Valaistus, autotalli ja varasto							MMJ 3x1,5S			C10		H																						
J			80	1 ja 2: Pistorasia, kosteusvahdit + hana							MMJ 3x2,5S			C16		J																						
K			81	1 ja 2: Palovaroittimet							MMJ 5x1,5S			C10		K																						
L			82	2: Pistorasia, viinikaappi							MMJ 3x2,5S			C16		L																						
M			83	Pistorasia, IT-keskus							MMJ 3x2,5S			C16		M																						
N			101	Maalämpöpumpun ohjaus							MMJ 3x1,5S			B6		N																						
O			102											C10		O																						
P			103	Pistorasia, keskuspolynimuri ja POE kytin							MMJ 3x2,5S			C10		P																						
R			104											C10		R																						
S			32											C16		S																						
										Pääkaavio Ryhmäkeskus RK										Suunn. TL/LH/25.2.2016		Kokonaisuus		Sähköpositio		Työnumero												
																				Piirt.		Lehti 15 / 15		Piirustusnumero														
																				Tark.				SÄH														

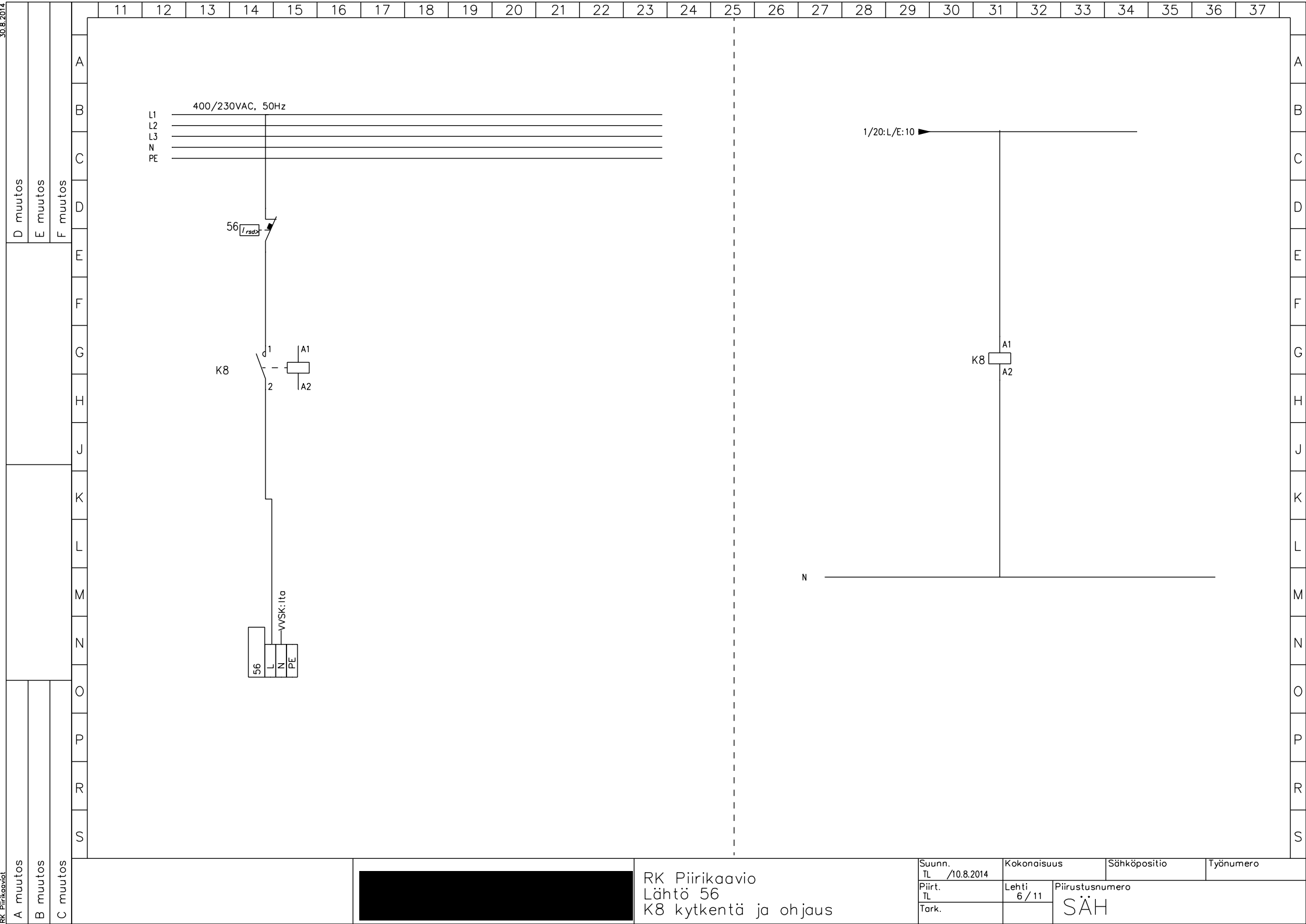














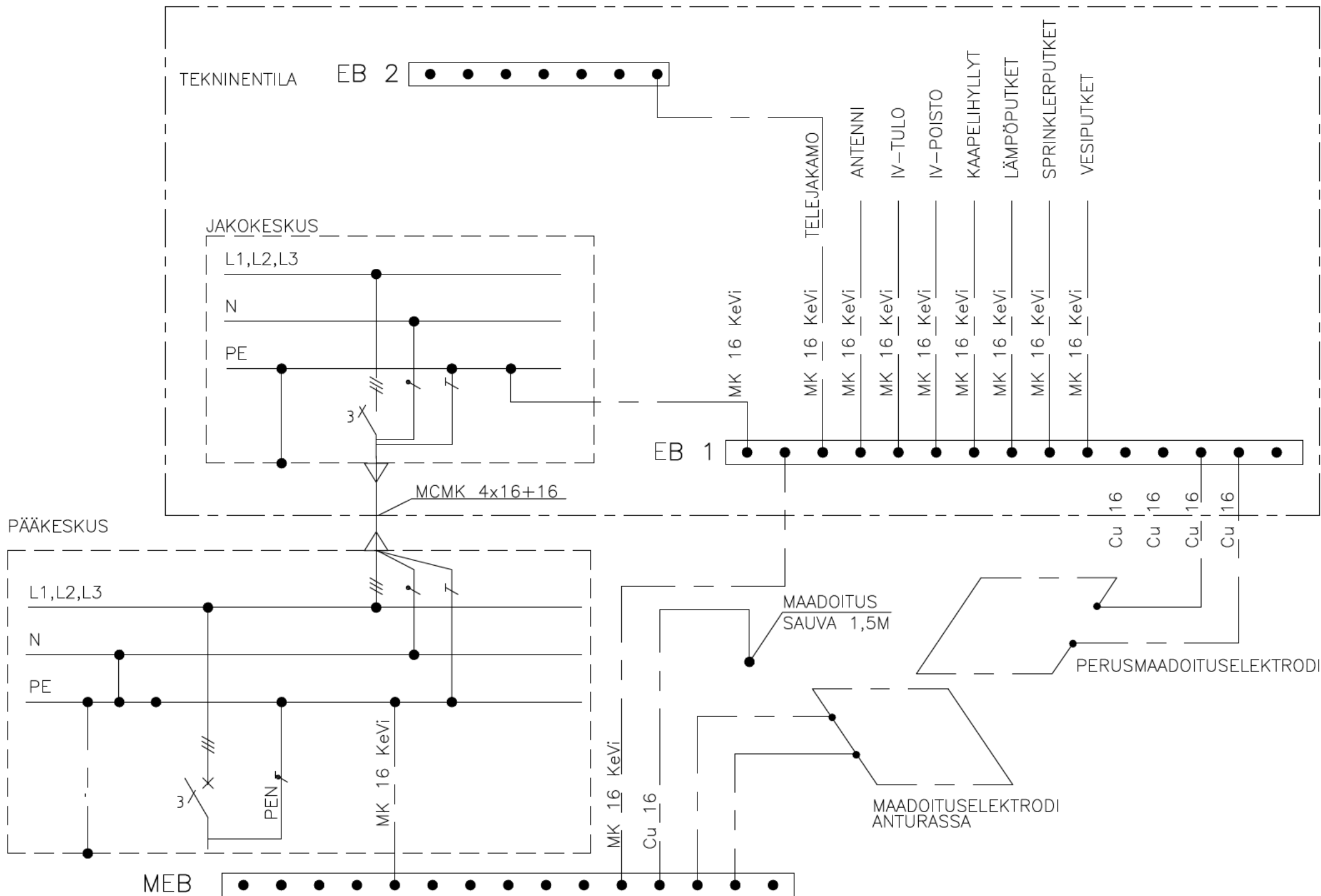





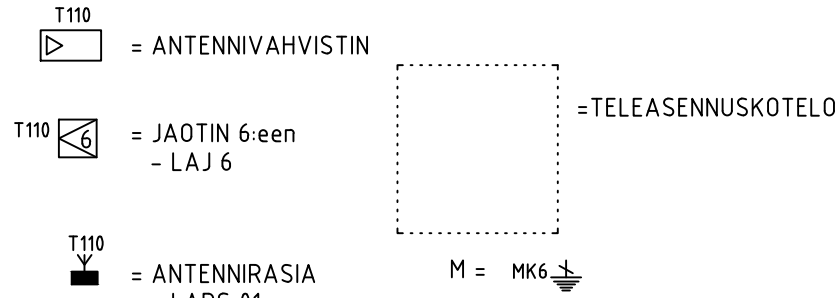
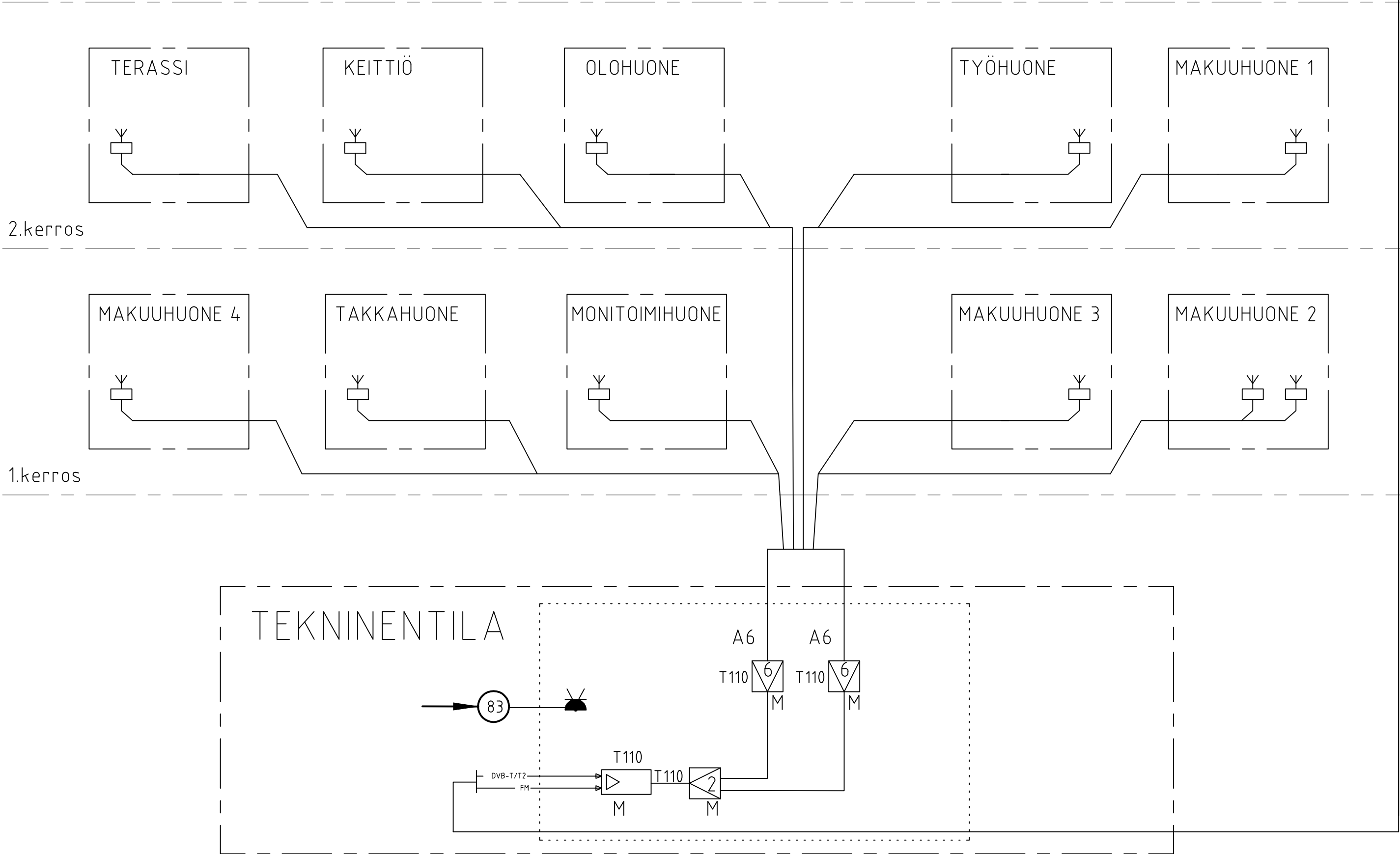


[illegible]





			Suunn./Piirt.	Päiväys
			Viranomaisen merkintöjä varten	
			Piirustustyyppi <b>SÄHKÖPIIRUSTUS</b>	
			Piirustuksen sisältö MAADOITUSKAAVIO LOPPUPIIRUSTUS	
			Sivu	1
			Muutos	
			SÄH-300	
Suunnittelija	Piirtäjä	Tarkastaja	Päiväys	Työ No
LOH	LOH	TL	17.03.2016	1000



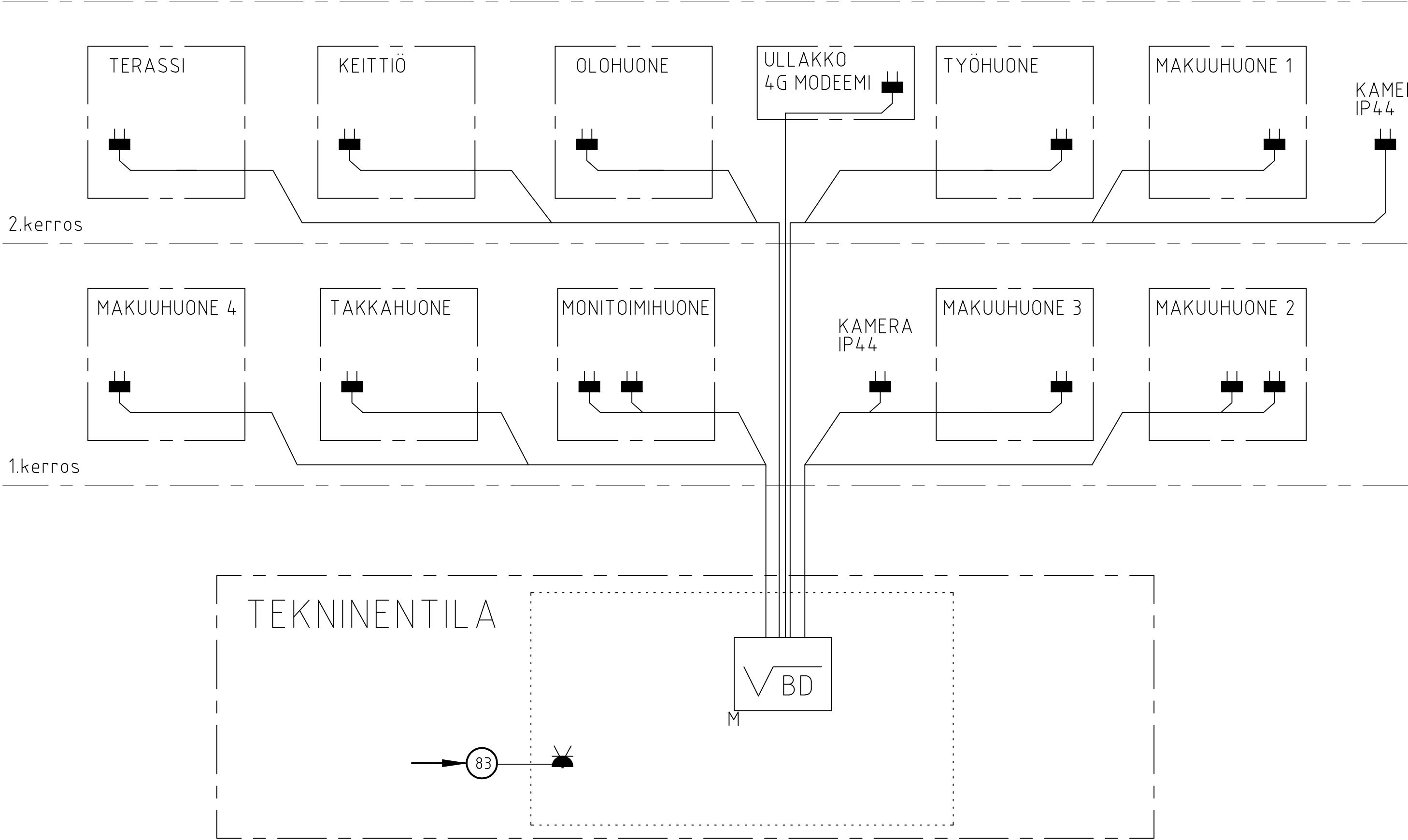
KAAPELOINTI:  
KAAPELOINTI TELLU 13 HF ELLEI TOISIN MAINITTU!  
T7 = TELLU 7 HF

Vahvistimet, jaottimet ja haaroitimet asennetaan metallilevyllä varustettuun kaappiin.  
Komponentit maadoitetaan yhteiseen tähtipisteeseen. Tähtipiste maadoitetaan maadoituskiskoon.

- VERKON OMINAISUUDET:
- taajuusalue: 5-1000 MHz (passiivinen verkko)
  - paluusuuntakelpoisuus: 5-65 MHz
  - antennirasian ulostulo: 60-80 dBuV (47-1000 MHz)
  - antennirasian ulostulo: min. 47 dBuV (1000 MHz)

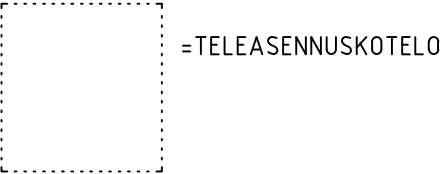
- ASENNUSOHJEITA:
- noudatetaan St-kortteja 621.10, 621.30 ja 621.40
  - urakoitsijan tarkistettava laitekaapin mitoitus asennuspaikan mukaan
  - kaapelivalmistajan antamia minimi taivutussäteitä on noudatettava
  - kaikkia vapaat jaotin- ja haaroitinlähdöt varustetaan päätevastuksilla
  - vahvistinkaappi merkitään tunnuskilvellä
  - komponentit kiinnitetään kotelon pohjalevyyn
  - kierrettäviä liittimiä ei saa käyttää, vain puristettavia liittimiä

			Viranomaisen merkintöjä varten		
			Piirustustyyppi <b>SÄHKÖPIIRUSTUS</b>		
			Piirustuksen sisältö <b>ANTENNIJÄRJESTELMÄ, T110</b>		
			Suunnittelualue <b>SÄH- 715</b>		
			Suunnittelija <b>LOH</b>		
Suunnittelija			Piirtäjä		
LOH			Tarkastaja		
TL			Pvm		
17.03.2016			Työn n:o		
1000			Muutos		

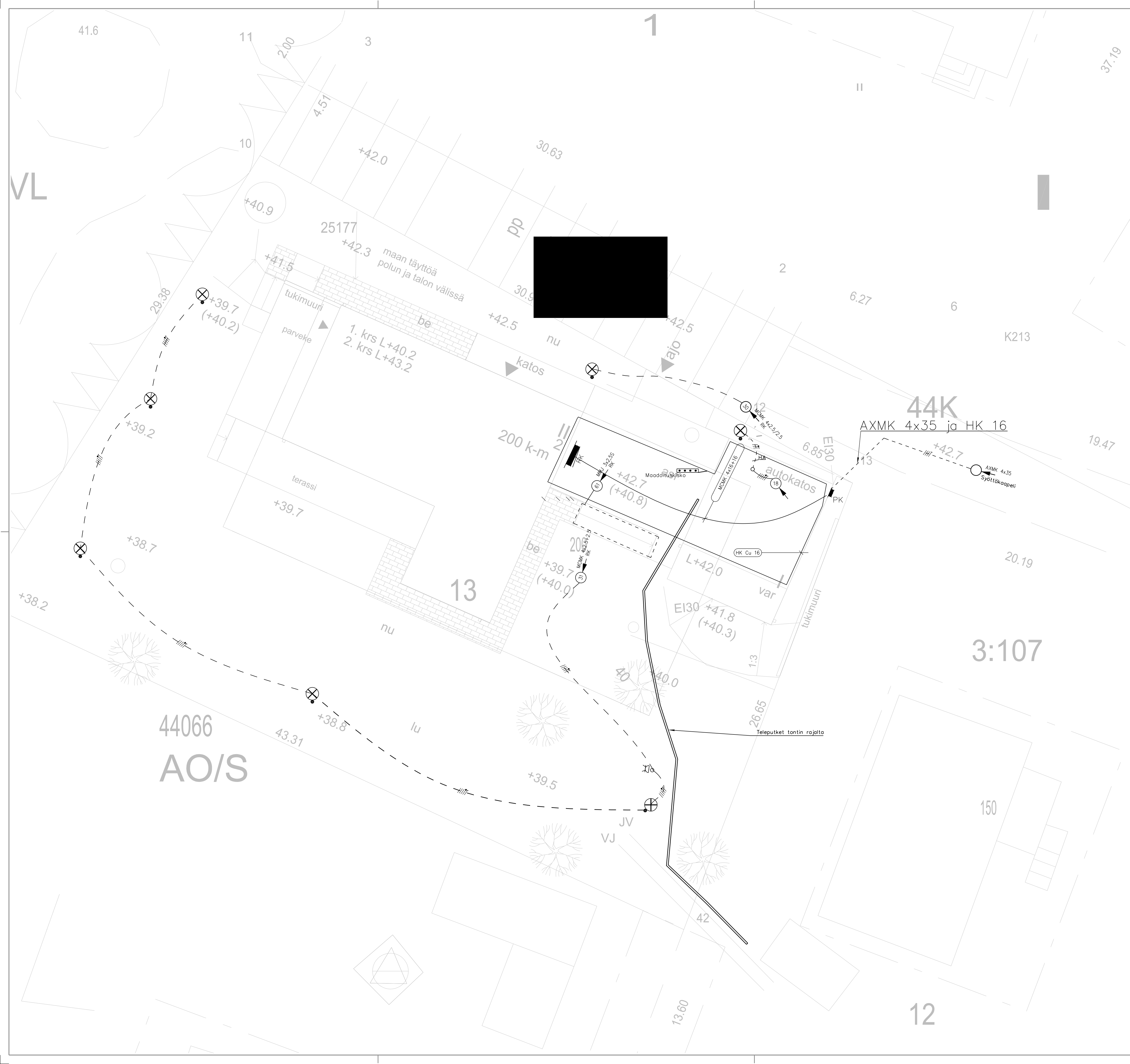


■ = YLEISKAPELOINTI RASIA M = MK6

KAPELOINTI:  
CAT 6a TTP



				Viranomaisen merkintöjä varten							
				Piirustuslaji SÄHKÖPIIRUSTUS							
				Piirustuksen sisältö		Mittakaavat					
				YLEISKAPELINTIJÄRJESTELMÄ, T130							
				KAPELOINTIKAAVIO		Sivu					
				LOPPUPIITUSTUS		1					
				Suunnitteluala		Piir. n:o	Muutos				
				SÄH- 715							
Suunnittelija		LOH	Piirtäjä	LOH	Tarkastaja	TL	Pvm	17.03.2016	Työn n:o	1000	

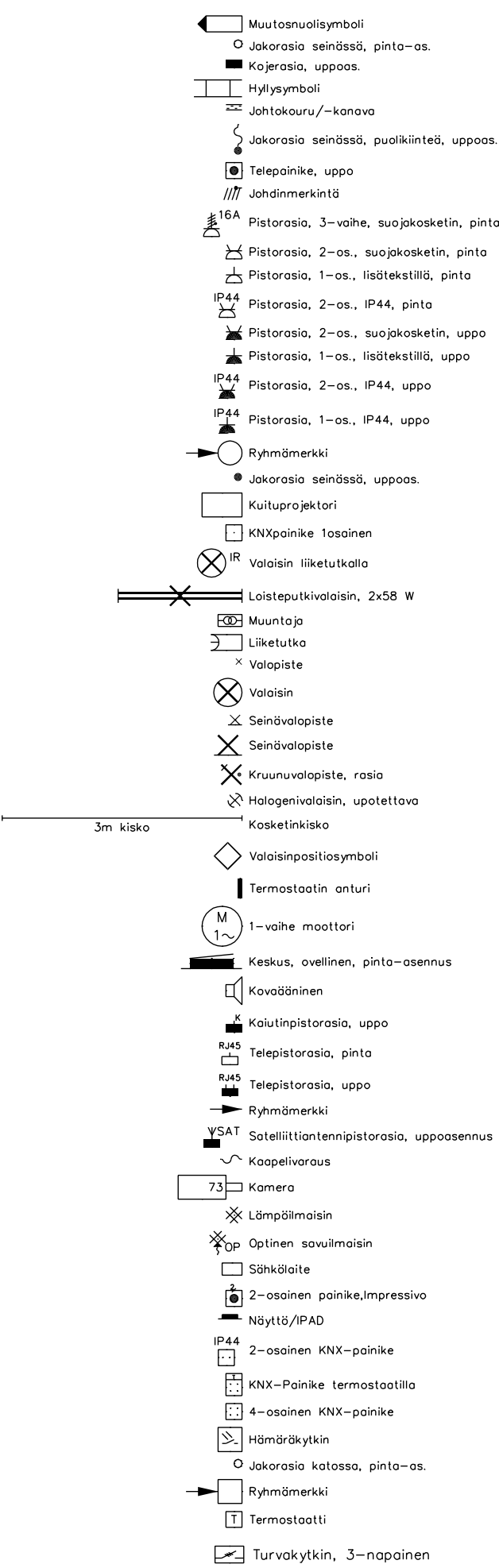


- Ryhmämerkki
- Keskus, pinta-asennus
- Keskus, ovellinen, pinta-asennus
- Maadoituskisko
- Johdinmerkintä
- Valaisin
- Halogenivalaisin, upotettava
- Jakorasia seinässä, pinta-as.

Loppupiirustus 17.3.2016

		Nimim. Pvm	
		Viranomaisten merkintöjä	
		SÄHKÖPIIRUSTUS	
		Asemapiirros	MK: 1:100
		Työnumero	Tilajan numero
		Pvm 17.3.2016	
		Piirt. LH	
		Suunn. T.L./L.H.	
		Tark.	
		Yht.lisä	
		Lehti	
		SÄH	
		Pirustusnumero Muutos	





Loppupiiirustus 17.3.2016

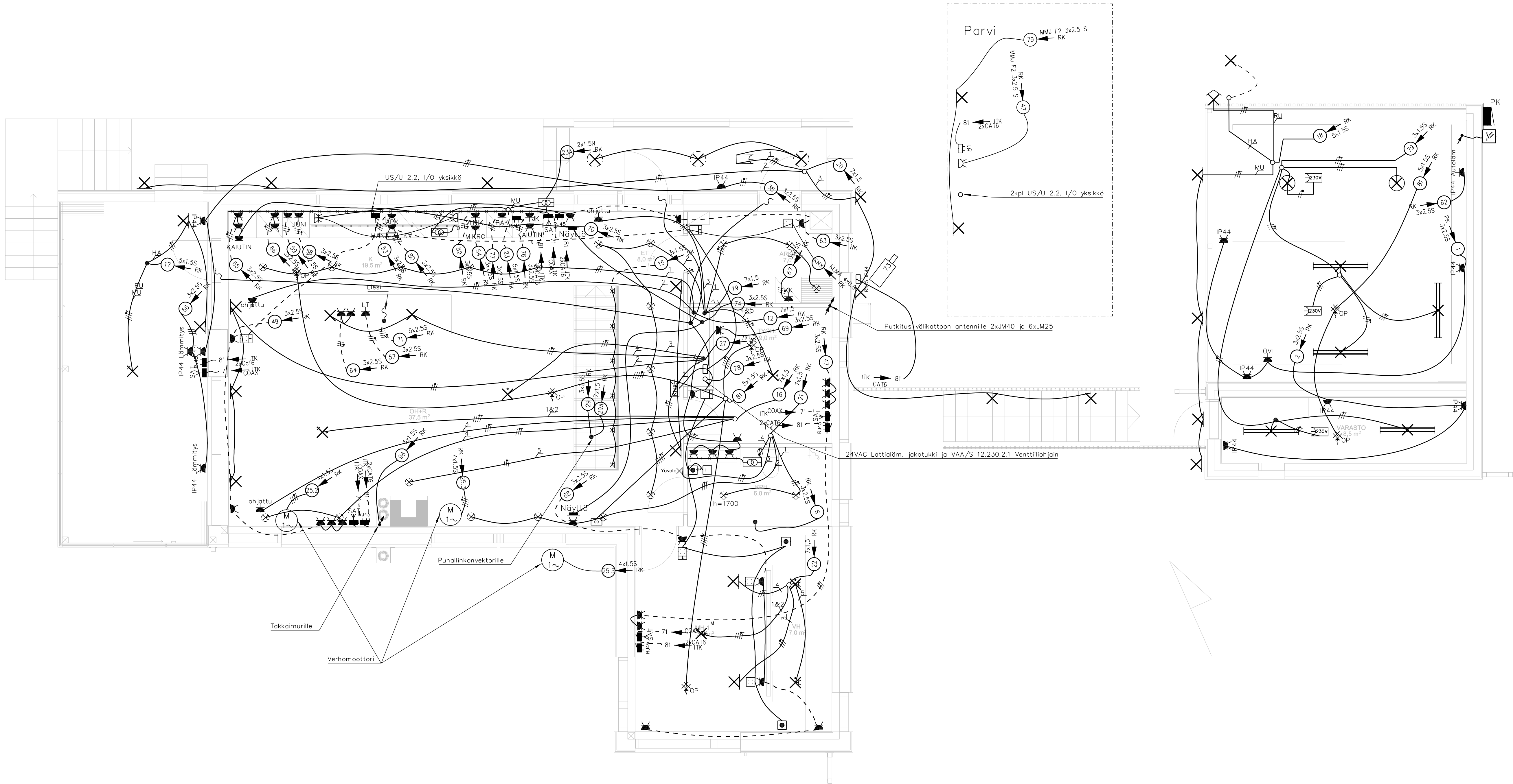
		Nimim. Pvm	
		Viranomaisten merkintä	
		SÄHKÖPIIRUSTUS	
		1. KRS TASOPIIRUSTUS	MK: 1:50
		Pvm	17.3.2016
		Piirt.	T.L
		Suunn.	T.L/L.H
		Tark.	
		YH.Liig	T.L/L.H
		Lehti	3
		Työnnumero	Tilaajan numero
		Piirustusnumero	
		Muutos	
		SÄH	











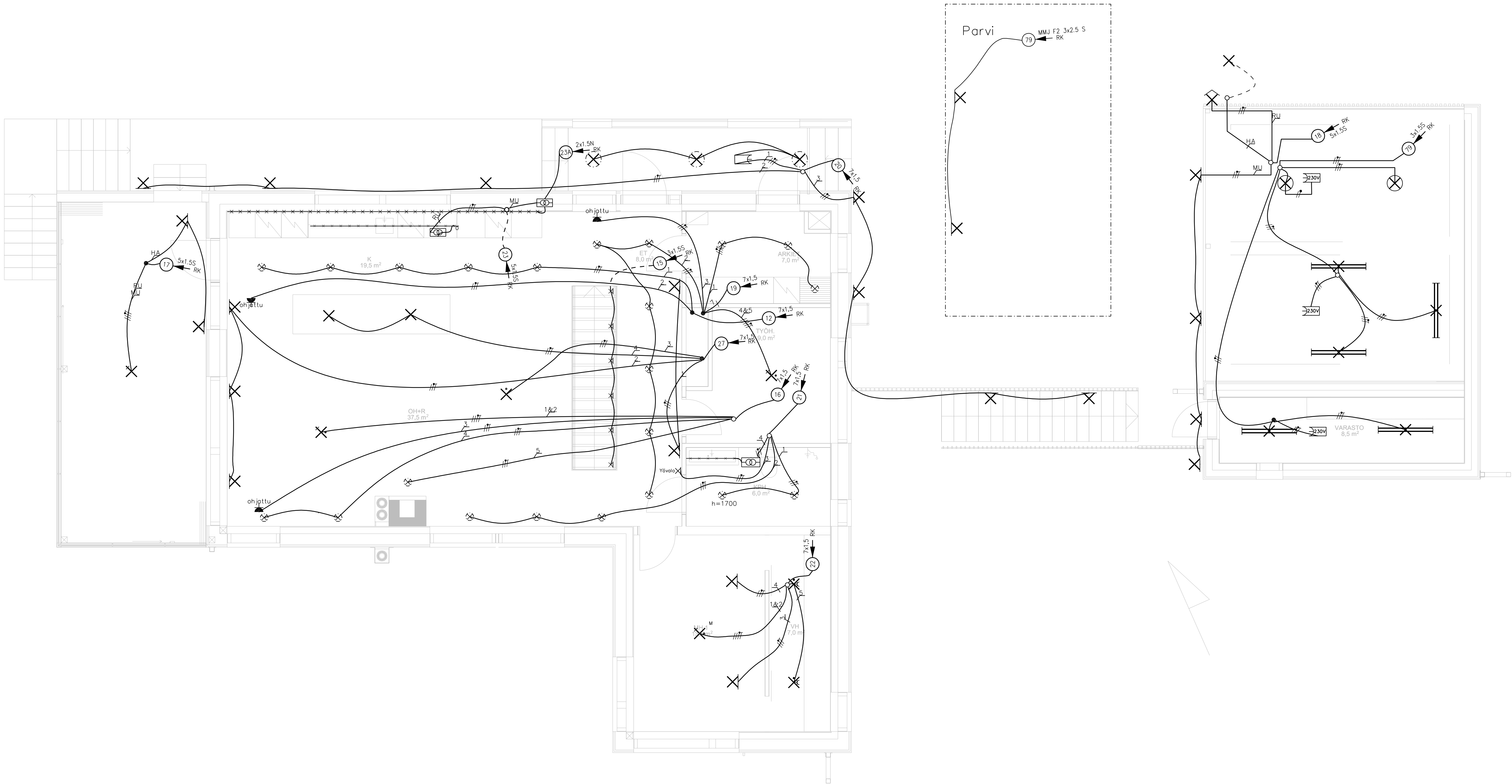
- Muutosnuoliasymboli
- Jakorasio katossa, uppoas.
- Pystykyliu
- Jakorasio seinässä, puakiintetä, uppoas.
- Keskus, ovelinen, pinta-asennus
- Telepoinike, pinta
- Telepoinike, uppo
- Jakorasio katossa, pinta-as.
- Pistorasia, 2-os., suojakasketin, pinta
- Pistorasia, 1-os., suojakasketin, pinta
- Pistorasia, 2-os., IP44, pinta
- Pistorasia, 2-os., suojakasketin, uppo
- Pistorasia, 1-os., suojakasketin, uppo
- Pistorasia, 2-os., IP44, uppo
- Pistorasia, 1-os., IP44, uppo
- Ryhmämerkki
- porrasle
- valosinpistorasia
- Liketunnistin, 230V
- Loisteputkivalaisin, 2x36 W
- Mauntaja
- Valopiste
- Valopiste, rosia
- Valaisin
- Seinävalopiste
- Seinävalopiste
- Valaisin, upotettava
- Numerovalopiste
- Kruunuvalopiste
- Kruunuvalopiste, rosia
- Mauntaja, valaisin
- Halogenivalaisin, upotettava
- Valaisinpaistiasymboli
- 1-vaihe moottori
- R45
- Telepistorasia, pinta
- R45
- Telepistorasia, uppo
- Ryhmämerkki
- YSAT
- Satelliittiantennipistorasia, uppoasennus
- Kaapelivaraus
- Kamera
- Optinen sovitin
- Häkävarailin
- 2-osainen painike
- KNX-näytis/IPAD
- KNX-tila
- KNX-Painike termostaatti
- 4-osainen KNX-painike
- Ryhmämerkki
- Kajerasia, pinta-as.
- Kajerasia, uppoas.
- Termostaatti
- Turvakytin, 3-napainen

MMO-kytkentä: Johdin no. 6 on nolla (N) ja johdin no. 7 on suojamaa (PE)

Loppupiiustus 17.3.2016	
Nimim. Pvm	
Viranomaisen merkintä	
SÄHKÖPIIRUSTUS	
2. KRS TASOPIIRUSTUS	
MK: 1:50	
Pvm 17.3.2016	Työnumero
Piirt. T.L	Tilaajan numero
Suunn. T.L/L.H	
Tark. YHLH	Piirustusnumero
Lehti 3	Muutos
SÄH	







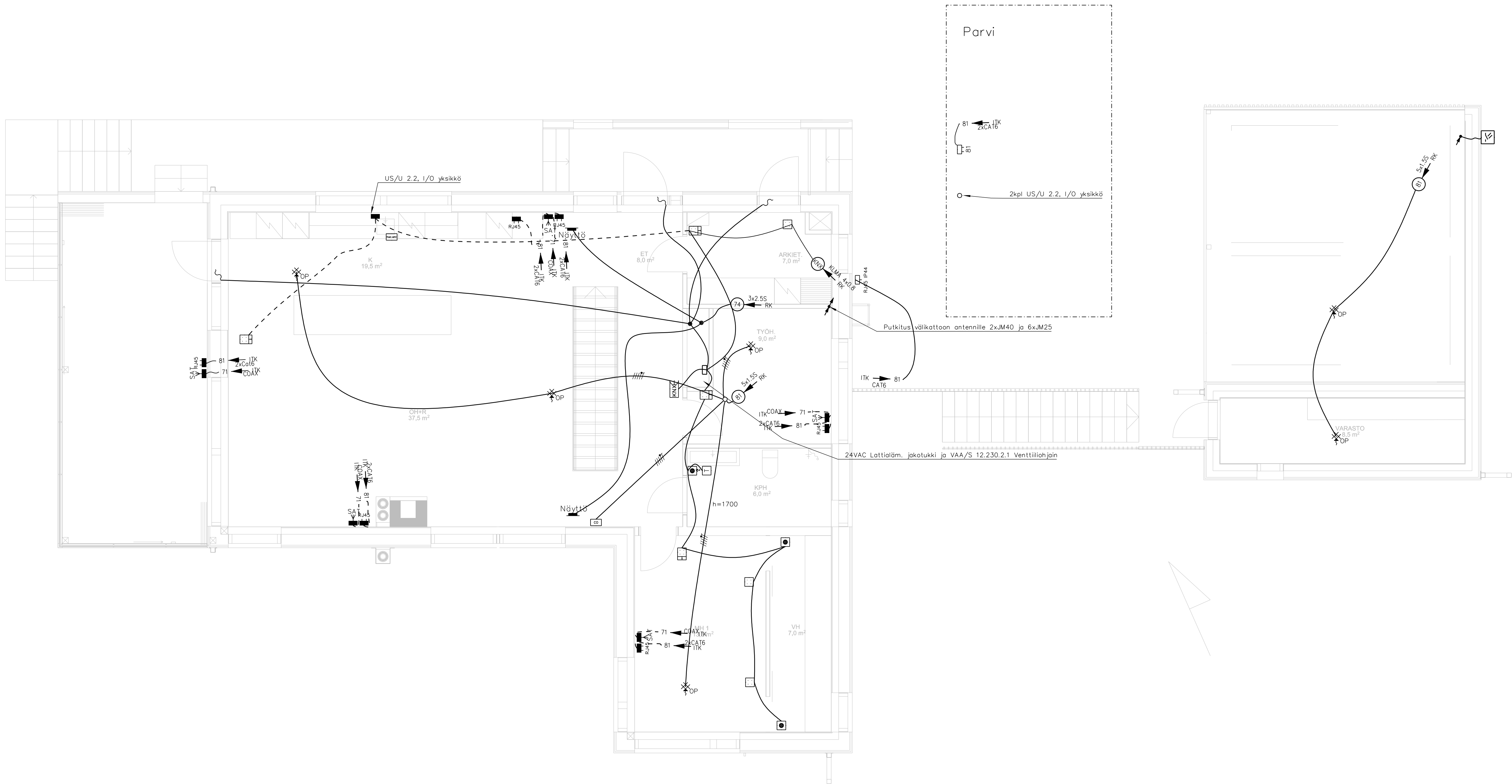
- Muutosnuoliasymboli
- Jakorasio katossa, uppoas.
- Pystykuilu
- Jakorasio seinässä, puakointeä, uppoas.
- Keskus, ovelinen, pinta-asennus
- Telepoinike, pinta
- Telepoinike, uppo
- Jakorasio katossa, pinta-as.
- Pistorasia, 2-os., suojakasketin, pinta
- Pistorasia, 1-os., suojakasketin, pinta
- Pistorasia, 2-os., IP44, pinta
- Pistorasia, 2-os., suojakasketin, uppo
- Pistorasia, 1-os., suojakasketin, uppo
- Pistorasia, 2-os., IP44, uppo
- Pistorasia, 1-os., IP44, uppo
- Ryhmämärkki
- porrasleä
- valosinpistorasia
- Liketunnistin, 230V
- Loisteputkivalaisin, 2x36 W
- Mauntaja
- Valopiste
- Valopiste, rosia
- Valaisin
- Seinävalopiste
- Seinävalopiste
- Valaisin, upotettava
- Numerovalopiste
- Kruunuvalopiste
- Kruunuvalopiste, rosia
- Mauntaja, valaisin
- Halogenivalaisin, upotettava
- Valaisinpaistiasymboli
- 1-vähe maaltari
- Telepistorasia, pinta
- Telepistorasia, uppo
- Ryhmämärkki
- Satelliittiantennipistorasia, uppoasennus
- Kaapelivaraus
- Kamera
- Optinen sovilmais
- Häkävaraliti
- 2-osainen painike
- KNX-näytis/IPAD
- KNX-tilka
- KNX-Painike termostaati
- 4-osainen KNX-painike
- Ryhmämärkki
- Kajerasia, pinta-as.
- Kajerasia, uppoas.
- Termostaati
- Turvakytin, 3-napainen

MMO-kytkentä: Johdin no. 6 on nolla (N) ja johdin no. 7 on suojamaa (PE)

Loppupiirustus 17.3.2016

Nimim. Pvm	
Viranomaisten merkintä	
SÄHKÖPIIRUSTUS	
2. KRS TASOPIIRUSTUS	
Valaistus	
MK: 1:50	
Pvm 17.3.2016	Työnumero
Piirt. T.L	Tilaajan numero
Suunn. T.L/L.H	
Tark. T.L/L.H	Piirustusnumero
Yhtlön T.L/L.H	Muutos
Lehti 5	SÄH





- Muutosnuoliasymboli
- Jakorasja katossa, uppoas.
- Pystykyllä
- Jakorasja seinässä, puolekintetä, uppoas.
- Keskus, ovelinen, pinta-asennus
- Telepoinike, pinta
- Telepoinike, uppo
- Jakorasja katossa, pinta-as.
- Pistorasia, 2-os., suojakasetin, pinta
- Pistorasia, 1-os., suojakasetin, pinta
- Pistorasia, 2-os., IP44, pinta
- Pistorasia, 2-os., suojakasetin, uppo
- Pistorasia, 1-os., suojakasetin, uppo
- Pistorasia, 2-os., IP44, uppo
- Pistorasia, 1-os., IP44, uppo
- Ryhmämerkki
- porrasleidi
- valosinipistorasia
- Liiketunnistin, 230V
- Laisteputkivalaisin, 2x36 W
- Mauntaja
- Valopiste
- Valopiste, rosia
- Valaisin
- Seinävalopiste
- Seinävalopiste
- Valaisin, upotettava
- Numerovalopiste
- Kruunuvallapiste
- Kruunuvallapiste, rosia
- Mauntaja, valaisin
- Halogenivalaisin, upotettava
- Valaisinpaistiasymboli
- 1-vaihe maaltari
- R45
- Telepistorasia, pinta
- R45
- Telepistorasia, uppo
- Ryhmämerkki
- YSAT
- Satelliittiantennipistorasia, uppoasennus
- Kaapelivaraus
- 73 Kamera
- Optinen sovilmais
- Häkävarailin
- 2-osainen painike
- KNX-näytis/1PAD
- KNX KNX-tulka
- KNX-Painike termostaattila
- 4-osainen KNX-painike
- Ryhmämerkki
- Kajerasia, pinta-as.
- Kajerasia, uppoas.
- Termostaatti
- Turvakytin, 3-napainen

Loppupirustus 17.3.2016

		Nimim. Pvm	
		Viranomaisen merkintä	
		SÄHKÖPIIRUSTUS	
		2. KRS. TASOPIIRUSTUS KNX-järjestelmä Palovarailinjärjestelmä Yleiskaapelointi	
	Pvm. 17.3.2016	Työnumero	Tilaajan numero
	Piirt. T.L		
	Suunn. T.L/L.H		
	Tark. YHLH8 T.L/L.H	Piirustusnumero	Muutos
		SÄH	
		Lehti 4	